



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

ALTERNATIVNÍ ZPŮSOBY ODKANALIZOVÁNÍ OBCÍ

ALTERNATIVE METHODS OF SEWER SYSTEMS OF MUNICIPALITIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Podhrázský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV RACLAVSKÝ, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Martin Podhrázký
Název	Alternativní způsoby odkanalizování obcí
Vedoucí práce	doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] Raclavský, J. Podtlaková kanalizace systém ROEDIGER-ROEVAC. In: Optimalizace inženýrských úloh ve stokování, ISBN 80-7204-134-7, CERM Brno, 2000
- [2] Beránek, J., Prax, P. Navrhování tlakové kanalizace. NOEL 2000, ISBN 80-86020-08-8
- [3] Pasportizační podklady pro vybranou oblast zdravotně-technické infrastruktury
- [4] Související normy a legislativní podklady dle pokynu vedoucího Bc práce
- [5] Další podklady dle aktualizace vycházející z průběhu řešení.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Bakalář provede rešerši z problematiky alternativních způsobů odkanalizování obcí (tlaková, podtlaková kanalizace). Získané poznatky budou aplikovány při modelovém návrhu alternativního způsobu odkanalizování na vybrané části urbanizovaného celku.

Požadované výstupy: technická zpráva, výkresová dokumentace dle pokynů vedoucího BP.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se v rešeršní části zabývá návrhem alternativních způsobů odkanalizování obcí. Krátce je popsán vliv způsobu odkanalizování na kvalitu odpadních vod, dále jsou popsány části podtlakových a tlakových stokových sítí a možný postup pro dimenzování. Druhou částí je modelový návrh podtlakové a tlakové stokové sítě v obci Lubná, okres Kroměříž a ekonomické zhodnocení v porovnání s gravitační stokovou sítí. Využitím alternativních metod je možné snížit investiční náklady, především pokud v lokalitě nejsou vhodné podmínky pro stavbu tradiční gravitační stokové sítě.

KLÍČOVÁ SLOVA

Alternativní způsoby, odkanalizování, kanalizace, tlaková, podtlaková, stoková síť, venkovní, systém.

ABSTRACT

The first part of thesis focus on design of alternative sewer collection systems. Shortly is described the influence of using alternative sewers to quality of wastewater, next are described parts of pressure and vacuum sewer systems and possible ways for designing. The second part applies known for designing both pressure and vacuum sewer system in municipality Lubna, Czech Republic, and compare the cost of construction of alternative sewer systems with traditional gravity system. It is possible to reduce cost of sewer collection systems using alternative ways, mainly when in the locality are inappropriate conditions for a traditional gravity system.

KEYWORDS

Alternative ways, wastewater, sewer, pressure, vacuum, collection, system, outside building.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Martin Podhrázský *Alternativní způsoby odkanalizování obcí*. Brno, 2017. 75 s., 6 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního
hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 19. 5. 2017

Martin Podhrázský
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji mému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Jaroslavu Raclavskému, Ph.D. za odborné vedení, vyhrazený čas pro jeho studenty a praktické zkušenosti v řešené problematice.

OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	ZPŮSOBY ODKANALIZOVÁNÍ V ČR A VE SVĚTĚ	9
2.1	Tradiční způsoby odkanalizování – kanalizace gravitační.....	9
2.1.1	Oddílná stoková soustava	9
2.1.2	Modifikovaná stoková soustava.....	9
2.1.3	Jednotná stoková soustava	10
2.2	Alternativní způsoby odkanalizování.....	10
2.2.1	Kanalizace podtlaková.....	10
2.2.2	Kanalizace tlaková.....	11
2.2.3	Kanalizace maloprofilová	12
3	ODPADNÍ VODY.....	14
3.1	Dešťové vody	14
3.2	Složení odpadních vod	14
4	TLAKOVÁ KANALIZACE.....	17
4.1	Hlavní části systému	17
4.1.1	Domovní přípojka	17
4.1.2	Sběrná jímka (domovní čerpací jímka).....	17
4.1.3	Domovní čerpadlo	20
4.1.4	Tlaková kanalizační přípojka.....	22
4.1.5	Automatické tlakové stanice	22
4.1.6	Tlakové potrubí.....	22
4.1.7	Armatury na tlakové síti	23
4.2	Hydraulický návrh tlakové kanalizace.....	24
4.2.1	Množství odpadních vod, návrhové stavy.....	25
4.2.2	Použitelné rovnice a vztahy	28
5	VENKOVNÍ PODTLAKOVÝ SYSTÉM STOKOVÉ SÍTĚ.....	32
5.1	Hlavní části systému	32
5.1.1	Domovní přípojka	32
5.1.2	Sběrná šachta	32
5.1.3	Sací ventil	34
5.1.4	Podtlaková kanalizační síť	36
5.1.5	Podtlaková stanice	38
5.2	Armatury na podtlakové síti	44
5.3	Hydraulický návrh podtlakové sítě	45
5.3.1	Návrh podle společnosti Airvac.....	45

5.3.2	Návrh podle DWA – A 116 – 1 (ATV A 116).....	49
6	STUDIE ODKANALIZOVÁNÍ OBCE LUBNÁ, K. Ú. LUBNÁ U KROMĚŘÍŽE	53
6.1	Průvodní zpráva.....	53
6.1.1	Identifikační údaje	53
6.1.2	Seznam vstupních podkladů	53
6.1.3	Údaje o území	53
6.1.4	Popis území stavby	53
6.1.5	Stávající stav odkanalizování.....	54
6.1.6	Množství odpadních vod.....	54
6.1.7	PRVKUK.....	54
6.2	Technická zpráva	54
6.2.1	Trasování stokové sítě	54
6.2.2	Návrh podtlakové kanalizace dle DWA – A 116 – 1 (ATV A 116)	55
6.2.3	Návrh podtlakové kanalizace dle Airvac design manual	59
6.2.4	Výpočet tlakové kanalizace podle ATV – A 163E	61
6.3	Ekonomické zhodnocení výše uvedených variant tlakového a podtlakového stokového systému	64
7	ZÁVĚR	67
8	POUŽITÁ LITERATURA.....	68
	SEZNAM TABULEK	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	72
	SEZNAM PŘÍLOH.....	74
	SUMMARY	75

1 ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá problematikou odkanalizování měst a obcí s využitím alternativních způsobů dopravy odpadních vod. S neustále se rozšiřujícími znalostmi o ekologickém dopadu vypouštění odpadních vod do vodních toků také stoupá tlak na kvalitu vypouštěných odpadních vod a na zvýšení množství obcí a objektů vybavených čistírnami odpadních vod (OV). Pomocí tradičního způsobu odkanalizování (kanalizace gravitační) nemusí být možné, nebo ekonomicky velice náročné, dopravit odpadní vody do čistírny odpadních vod. Důvodů pro využití alternativních způsobů odkanalizování může být několik. Často je technicky možné užití všech způsobů odvedení OV a rozhodnutí o konečném způsobu odvedení vychází z ekonomické rozvahy a přání stavebníka. Cílem této práce je představit alternativní možnosti odvádění splaškových vod (kanalizace tlaková, podtlaková, maloprofilová), podrobněji rozepsat jednotlivé části systémů, pokusit se shrnout výhody a nevýhody jednotlivých systémů a na modelové lokalitě navrhnout dva u nás nejrozšířenější alternativní způsoby odvádění odpadních vod – pomocí kanalizace tlakové a pomocí kanalizace podtlakové. Na základě těchto dvou variant bude posouzeno, který ze dvou uvedených způsobů bude pro modelovou lokalitu vhodnější.

2 ZPŮSOBY ODKANALIZOVÁNÍ V ČR A VE SVĚTĚ

Mezi základní dělení způsobů odvádění odpadních vod řadíme:

- tradiční způsob (kanalizace gravitační);
- alternativní způsoby (kanalizace podtlaková, tlaková, maloprofilová).

2.1 TRADIČNÍ ZPŮSOBY ODKANALIZOVÁNÍ – KANALIZACE GRAVITAČNÍ

Doložená historie gravitačního způsobu odkanalizování sahá až do roku 5 000 let př. n. l. a pokračuje přes antické Řecko. Po rozpadu západořímské říše nebylo až do 19 století stokování předmětem zájmu, tato neudržitelná situace se však musela řešit, především ve velkých městech s mnoha obyvateli. Odkanalizování tradičním způsobem má za sebou i díky mnoha jeho nesporným výhodám dlouhou historii a lze čerpat z předchozích zkušeností a návrhů.

Při využití gravitační kanalizace rozlišujeme tři základní stokové soustavy v závislosti na odvádění odpadních vod.

- oddílná stoková soustava;
- jednotná stoková soustava;
- modifikovaná stoková soustava.

2.1.1 Oddílná stoková soustava

Oddílná stoková soustava odvádí různé druhy odpadních vod samostatnými stokovými soustavami, nedochází tedy k mísení různých druhů odpadních vod. Mezi nejčastější případy oddílné stokové soustavy ve městech patří oddělené svádění vod splaškových a dešťových. Toto řešení je ekonomicky výhodné z hlediska návrhu kapacity čistírny odpadních vod a odpadá nutnost budování objemných dešťových zdrží a odlehčovacích komor. Na druhou stranu budování oddílné kanalizace je možné pouze v místech s dostatečným prostorem pro budování jak splaškové, tak dešťové kanalizace a je nutné brát v úvahu náklady na vybudování obou stokových sítí. Se zaústěním dešťových stok přímo do recipientu ovšem nastává problém se splachy minerálních a organických látek, písku, popřípadě soli z komunikací. Tyto splachy jsou pro recipient škodlivé. Splachy s trváním deště ve většině případů klesají, měla by být tedy vyvinuta snaha o zachycení těchto prvotních splachů a jejich svedení na čistírnu odpadních vod.

Problém kvality dešťových vod je technicky řešitelný, ale ve většině případů ekonomicky velmi náročný, proto se začínají uplatňovat různé modifikace stokových soustav. [2]

2.1.2 Modifikovaná stoková soustava

Jde o moderní systém, který do značné míry eliminuje nedostatky výše uvedených soustav. Vzniká například kombinací jednotné a oddílné soustavy, tzv. soustava polooddílná.

Princip spočívá v tom, že splaškové vody jsou odváděny hluboko uloženými stokami, dešťové vody mělce uloženým potrubím. Při přívalu jsou nejvíce znečištěné dešťové vody odváděny spojovacím potrubím do splaškové kanalizace a dále na čistírnu odpadních vod. Po zahlcení

nad úroveň dna dešťových stok dochází k odtoku srážkové vody dešťovou stokou do recipientu. [2]

Vzájemnou kombinací splaškové a dešťové kanalizace lze vytvořit spousty modifikací stokové soustavy a vytvořit tak návrh vhodný pro odvodňované území.

2.1.3 Jednotná stoková soustava

Princip jednotné stokové soustavy spočívá v odvádění všech druhů splaškových vod jednou kanalizační sítí. Tento systém je využit u většiny velkých měst pro své technické a ekonomické výhody. Jedním z faktorů prosazujících výstavbu jednotné stokové soustavy ve velkých urbanizovaných sídlech je vysoká hustota sítí vedených pod zemským povrchem. Jednotná stoková soustava je úsporná z hlediska prostorové náročnosti. Mezi ekonomické faktory patří náklady na výstavbu – výkopové práce a úspora materiálu.

Tyto výhody však s sebou nesou ekologická a hygienická rizika vznikající především při vyšších dešťových průtocích. Kompromis mezi ekologicky přijatelnou hydraulickou kapacitou stokové sítě a její skutečnou potřebou pro odvádění veškerých přívalových dešťových vod vedla k hustému osazování odlehčovacích komor na stokové síti. [2] Odpadní vody přitékající z odlehčovacích komor do recipientu bez čištění (nebo s čištěním nedostatečným) způsobují vnos nadměrného znečištění do recipientu. Tomuto se dá nejlépe předejít výstavbou dešťových zdrží a postupným vypouštěním odpadních vod na čistírnu.

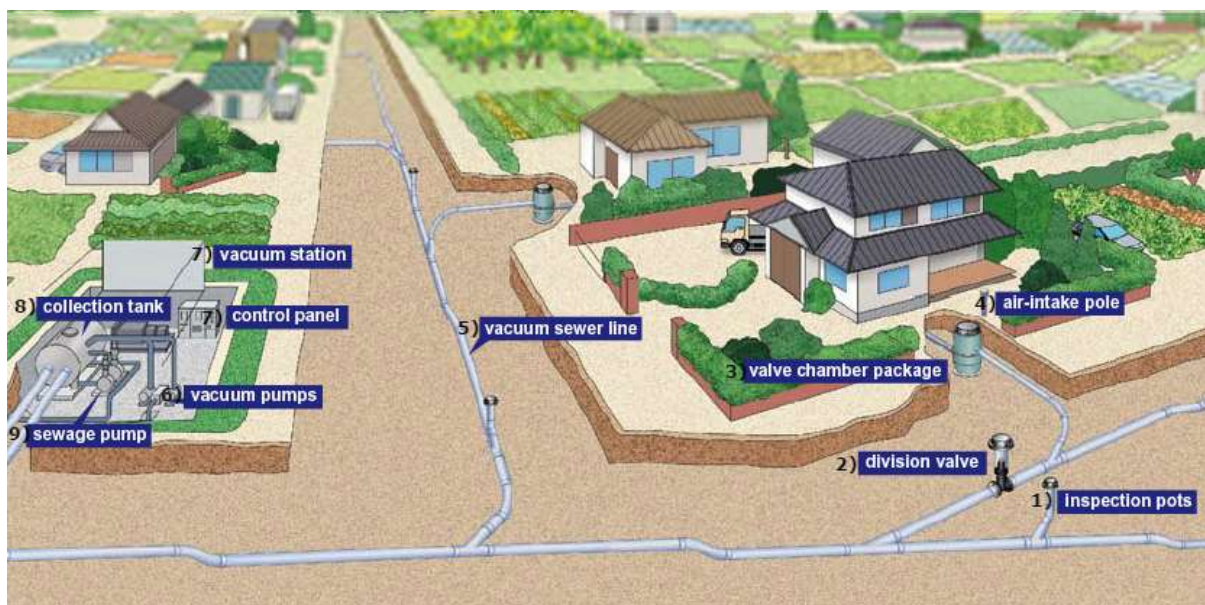
2.2 ALTERNATIVNÍ ZPŮSOBY ODKANALIZOVÁNÍ

2.2.1 Kanalizace podtlaková

Vývoj venkovních podtlakových (vakuových) systémů stokových sítí započal v 19. století. Podtlakový systém byl vymyšlen Nizozemcem kap. Charlesem T. Liemurem. Rozvoj venkovních podtlakových systémů nastal v 50. letech 20. století ve Švédsku, od konce 60. let bylo podtlakové odkanalizování s úspěchem použito v Německu a od roku 1995 i v České republice. [6]

Podtlaková kanalizace využívá rozdíl tlaku mezi okolní atmosférou a podtlakovou stokou. Otevřením sacího ventilu vhání splaškové odpadní vody společně se vzduchem ze sběrné jímky do podtlakové stoky. Podtlakové stoky vyúsťují do podtlakové nádoby nebo sací čerpací jímky podtlakové stanice. Odpadní vody se z podtlakové stanice obvykle odvádějí pomocí výtlačného čerpadla. [7] Podtlakové systémy se obvykle navrhuji jako oddílné – splaškové.

V současné době je v provozu několik desítek podtlakových stokových systémů rozmístěných po celém území České republiky, například v okrese Prostějov – obec Víceměřice, obec Bedyhošť, v okrese Šumperk – obec Sudkov, Postřelmov, v okrese Brno – venkov – Opatovice.



Obr. 2.2.1-1 Schéma podtlakové kanalizace, zdroj: <http://www.swmm5.net>

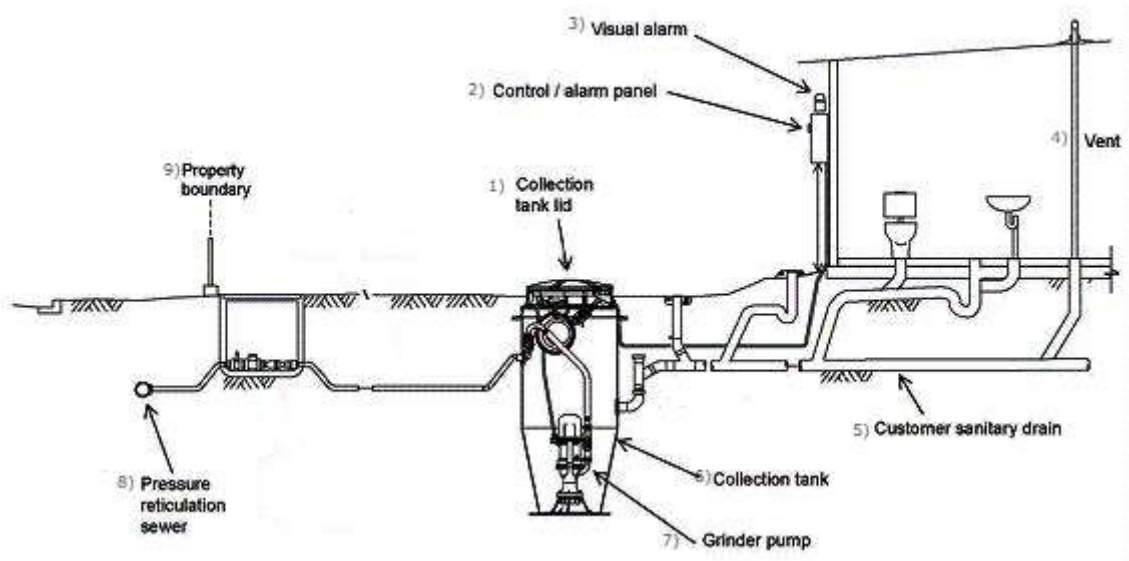
- (1) revizní šachta, 2) dělicí ventil, 3) sběrná jímka, 4) nasávání vzduchu, 5) podtlakové potrubí, 6) podtl. čerpadlo, 7) řídicí panel 8) podtl. stanice 9) sběrná nádrž, 10) výtlak splašků

2.2.2 Kanalizace tlaková

Tlaková kanalizace byla jako celoplošný systém odvodňování poprvé použita v šedesátých letech 20. stol. v Hamburku. [8] Čerpací stanice na klasických stokových sítích, čerpající vodu z nižších úrovní do vyšších, však byly využívány řadu let před tím. Vývoj tlakových kanalizací v USA zastřešila US EPA (United States Environmental Protection Agency) a federálně dotovaný program Clean Water Act, který podporoval mnoho nadějných alternativních kanalizačních projektů. Celá řada tlakových kanalizací byla realizována také na území Kanady, Maďarska a Slovenska. [8] V současné době jde o nejrozšířenější způsob z alternativních způsobů odkanalizování.

Odpadní vody z jedné nebo více nemovitostí jsou sváděny pomocí gravitační přípojky do domovní čerpací jímky, nacházející se v blízkosti nemovitostí. Odtud jsou odpadní vody čerpány pomocí čerpadel do trubní sítě, kde vytvářejí přetlak. Čerpadla se spouštějí v závislosti na hladině vody v jímce.

Jednou z výhod tlakových systémů je také možnost kombinace stokové sítě gravitační a tlakové, kdy mohou být tlakové větve zaústěny do stokové sítě gravitační. V ČR se nachází několik desítek až stovek tlakových stokových systémů. Jako příklad okres Nymburk – obec Hrubý Jeseník, okres Brno – venkov – obec Březina, okres Kolín – obec Rostoklaty, obec Tatce.



Obr. 2.2.2-1 Schéma připojení na tlakovou kanalizaci, zdroj: <https://www.sydneywater.com.au>

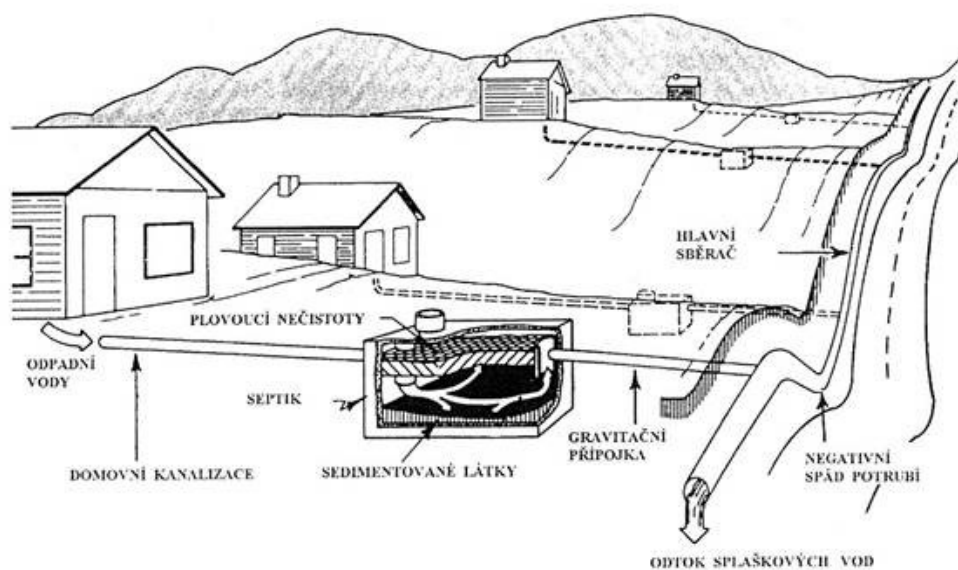
(3) vizuální poplašné zařízení, 2) řídicí panel, 4) průduch, 5) gravitační přípojka, 6) sběrná nádrž, 7) čerpadlo, 1) poklop, 9) hranice vlastnictví, 8) tlak. kanalizace

2.2.3 Kanalizace maloprofilová

Maloprofilová kanalizace byla využita již v 19. století v USA, kde se příliš neuchytila. Systém se poté rozšířil do Austrálie, kde se hojně využívá a dále do afrických zemí. V roce 2015 bylo v Austrálii odkanalizováno pomocí maloprofilové kanalizace přes 10 % obyvatelstva. [9]

Maloprofilové systémy jsou navrženy k odvádění pouze kapalné složky odpadních vod. Pevné částice, které mohou způsobovat ucpání kanalizačního systému, sedimentují v záchytných jímkách. Pevné látky se pravidelně vyvážejí k bezpečné likvidaci. Celý systém odvádění odpadních vod je tedy gravitační s možným využitím násoskového efektu v úsecích s negativním spádem. Mezi počátečním a koncovým bodem hlavního sběrače musí být dosaženo celkového spádu. Kanalizace je rozdělena na sekce, ve kterých splašková voda proudí ve stejném režimu (o volné hladince, tlakovém). V sekcích, kde dochází k tlakovému proudění, nesmí hydraulický gradient narůst nad úroveň odtoku ze záchytné jímky. Minimální průměr maloprofilové kanalizace se pohybuje od DN75, využívá se hydraulicky hladkého potrubí (drsnost dle Manninga od 0,008–0,013). [10]

Využití maloprofilové kanalizace v České republice brání norma ČSN 75 6101, která zakazuje používat potrubí pro gravitační stoky menší jmenovité světlosti DN/ID250 pro potrubí z kameniny, plastů a sklolaminátů, nebo DN/ID300 pro potrubí z jiných materiálů. [11]



Obr. 2.2.3-1 Schéma maloprofilové kanalizace, zdroj: <http://hgf10.vsb.cz>

3 ODPADNÍ VODY

Pro pochopení některých návrhových parametrů a důsledků plynoucích z využití alternativních způsobů odkanalizování je důležité zmínit složení odpadních vod, odkud se tyto vody dostávají do kanalizace a jaký může mít vliv na jejich složení využití jednotlivých způsobů odkanalizování.

Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení, nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. [1] Pokud není dle § 38 odst. 1 vodního zákona uvedeno jinak, považujeme všechny vody, které se dostaly do kanalizace za odpadní. Dle původu znečištění můžeme odpadní vody rozdělit na:

- splaškové;
- průmyslové;
- infekční;
- zemědělské;
- dešťové;
- ostatní.

3.1 DEŠŤOVÉ VODY

Jako dešťové vody označujeme vody pocházející ze srážkových úhrnů. V případě využití tradičního způsobu odkanalizování (kanalizace gravitační) jsou tyto vody odváděny do jednotné, oddílné či modifikované kanalizace.

Při využití alternativních způsobů odkanalizování se zpravidla nepočítá se zaústěním dešťových vod. Toto řešení je sice technicky možné, ale ekonomicky by bylo velmi náročné. Odvádění dešťových vod pomocí tlakové či podtlakové kanalizace by vedlo ke zvýšení objemu čerpaných vod, ke zvýšení nároků na výkon čerpadel, popřípadě instalaci záložního čerpadla v případě poruchy. U tlakových kanalizací by odvádění dešťových vod vedlo k většímu objemu domovních čerpacích jímek, u podtlakových systémů k většímu objemu sběrných šachet a vysokému výkonu zařízení vytvářejících podtlak.

3.2 SLOŽENÍ ODPADNÍCH VOD

Složení odpadních vod je závislé na charakteru odkanalizovaného území. Závisí na počtu a typu občanské technické vybavenosti, jako jsou restaurace, prádelny školy apod. a na místním průmyslu, pokud je napojen na veřejnou kanalizaci. Znečišťující látky ve splaškových odpadních vodách mají svůj původ zejména v moči a fekáliích, předpokládá se, že až 80 % organických látek pochází ze splašků a fekálií. [2]

Průměrné hodnoty produkce znečištění jsou uvedeny v Tab. 3.2-1 spolu s celkovou produkcí látek ve splaškových odpadních vodách dle ČSN 75 6401 Čistírny odpadních vod pro EO větší než 500.

Tab. 3.2-1 Produkce látek ve splaškových odpadních vodách, zdroj: [4]

Látky	organické	anorganické	celkové	BSK ₅	N	P
Produkty metabolismu, g/obyv. den						
Látky celkem	80	30	110	-	10	1,6
Produkce celková dle ČSN 75 6401, g/obyv. den						
Nerozp. látky	40	15	55	30	1	0,2
Z nich usaditelné	30	10	40	-	-	-
Rozpuštěné látky	50	75	125	30	10	2,3
Látky celkem	90	90	180	60	11	2,5

Dle emisních standardů ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod, uvedených v NV č. 401/2015 Sb. můžeme mezi hlavní ukazatele znečištění zařadit BSK₅, CHSK_{Cr}, P_{celk}, N_{celk}, N-NH₄, NL.

BSK_n Biochemická spotřeba kyslíku

CHSK Chemická spotřeba kyslíku

P_{celk} Fosfor celkový

N_{celk} Dusík celkový

N-NH₄ Amoniakální dusík

NL Nerozpuštěné látky

Využití alternativních způsobů odkanalizování má vliv na složení splaškových vod při výstupu na čistírnu odpadních vod. V případě využití gravitačního systému odkanalizování dochází k oxidaci splašků a následnému odbourávání BSK a CHSK. [3] Při využití alternativních způsobů mohou být vlivem zdržení odpadní vody v domovních čerpacích stanicích či domovních jímkách vytvořeny anaerobní podmínky. V anaerobních podmínkách dochází k procesu kvašení, je-li substrátem bezdusíkatá látka (sacharid) a hnití, je-li substrátem látka dusíkatá (bílkovina). Konečným produktem anaerobních rozkladných procesů je CH₄, CO₂, NH₃, H₂S. [4] Vznikající sirovodík je dále zpracováván na kyselinu sírovou, která je hlavním zdrojem koroze stavebních materiálů.

Odpadní vody pocházející z tlakového a podtlakového systému budou vykazovat vyšší koncentrace znečištění surových odpadních vod ve srovnání s gravitační splaškovou kanalizací. Tabulka Tab. 3.2-2 uvedená níže charakterizuje kvalitu odpadních vod na výstupech z různých způsobů odkanalizování. Byly porovnávány odpadní vody na výstupech z gravitační splaškové, tlakové a podtlakové kanalizace. Odpadní vody byly monitorovány dlouhodobě (2–7 let). Pro monitorování byly vybrány kanalizace, ve kterých se nevyskytují producenti průmyslových odpadních vod. [5]

Tab. 3.2-2 Vyhodnocení kvality odpadní vody na výstupech z gravitační splaškové, tlakové a podtlakové kanalizace (průměrné koncentrace za monitorované období), zdroj: [5]

Způsob dopravy	BSK ₅	CHSK	NL	N-NH ₄	N _{celk}	P _{celk}
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Gravitační splašková kanalizace	351,2	768,0	216,7	38,8	44,5	10,2
Tlaková kanalizace	749,8	1555,5	771,3	85,6	-	8,0
Podtlaková kanalizace	496,5	916,7	523,5	104,4	129,1	15,8

Při návrhu čistíren odpadních vod, do nichž je zaústěna tlaková či podtlaková kanalizace, je tedy nutné myslet na zvýšené hodnoty koncentrace znečištění. V objektech na stokové síti, především u kanalizace tlakové, může dojít k vytvoření anaerobního prostředí, doprovázeného pachem a korozivními účinky. Možné postupy pro zabránění anorganickému rozkladu látek a s tímto spojeným vznikem koroze a zápachu budou rozebrány podrobněji níže.

4 TLAKOVÁ KANALIZACE

Tlaková kanalizace je nejrozšířenější způsob alternativního odvádění odpadních vod u nás. Své uplatnění nachází v místech s:

- nedostatečným sklonem terénu;
- vysokou hladinou podzemních vod;
- řídkou zástavbou;
- nepříznivými základovými poměry;
- dočasným přítokem odpadních vod;
- nákladnou obnovou vozovek a další infrastruktury;
- výskytem velkého počtu sítí technického vybavení.

Široké uplatnění nachází také v kombinaci s jinými způsoby odkanalizování, zejména v kombinaci s gravitační kanalizací. Do hlavní gravitační větve můžou být čerpány odpadní vody z níže položených míst pomocí tlakové kanalizace.

4.1 HLAVNÍ ČÁSTI SYSTÉMU

Tlakový kanalizační systém se skládá z:

- domovní přípojky;
- sběrné jímky (domovní čerpací jímky);
- zdroje tlaku (čerpadla);
- tlakové kanalizační přípojky;
- automatické tlakové stanice (je-li zapotřebí);
- tlakového potrubí;
- trubních spojů;
- armatur (uzavírací, vzdušníky, kalníky, čistící vstupy atd.).

4.1.1 Domovní přípojka

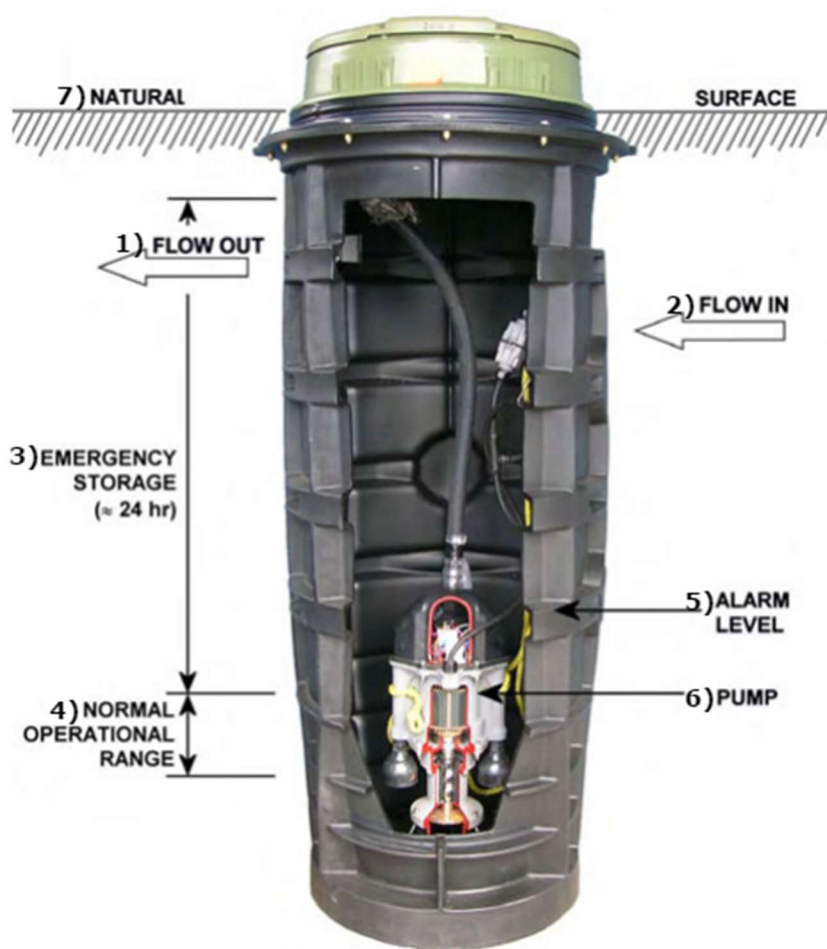
Přípojka vedoucí z nemovitosti do sběrné jímky. Přípojka je gravitační, návrhové parametry v souladu s ČSN 75 6101. Maximální hladina v domovní jímce se odvíjí od vstupní úrovně domovní přípojky. Hladina v jímce nesmí způsobovat vzduť hladiny na přípojce.

4.1.2 Sběrná jímka (domovní čerpací jímka)

Sběrné jímky slouží ke krátkodobé akumulaci odpadních vod v blízkosti odkanalizovaných nemovitostí. Do jímky jsou z nemovitostí odpadní vody přiváděny gravitační přípojkou. Z jímky jsou pak čerpány pomocí čerpadel do tlakové kanalizační přípojky a následně do samotného tlakového řadu. Pro odkanalizování více nemovitostí může být použita jedna jímka.

V závislosti na okolnostech se v současnosti nejčastěji používají plastové či betonové jímky. Plastové samonosné jímky se využívají v místech s nízkou hladinou podzemních vod a nebývají navrhovány jako pojezdové. Vyrábějí se jako monolitické či skládané ze segmentů. Při vysokých hladinách podzemních vod se využívá plastových jímek v kombinaci s obetonováním či jímek betonových. Betonové jímky jsou vhodné řešení pro velké zatížení – např. umístění v komunikaci. Dle ČSN EN 1671 musí být všechny jímky vodotěsné, rám a víko poklopu musí zabraňovat vnikání podzemních vod. Jelikož se v prostoru jímky může tvořit anaerobní prostředí, měly by být betonové komponenty opatřeny antikoroční ochranou.

Velikost domovní čerpací jímky je omezena mrtvým prostorem, pracovním objemem, bezpečnostní rezervou a havarijním objemem.



Obr. 4.1.2-1 Schéma domovní čerpací jímky, zdroj: <http://www.sswm.info>

(1) výtlak, 2) přítok, 3) havarijní objem, 4) provozní objem, 5) poplašná hadina, 6) čerpadlo, 7) povrch)

Mrtvý prostor je navrhován co nejmenší. Pracovní objem by měl být dostatečně malý, aby nedocházelo k přílišnému zdržení odpadních vod a dostatečně velký, aby nedocházelo ke zbytečně častému spínání čerpadla. Vhodný počet sepnutí čerpadla za hodinu je udáván výrobcem. Dimenzování objemů jímek vychází z časového rozložení odtoku splašků z nemovitosti ve vztahu k navrhovanému výkonu čerpadla.

Dle ČSN EN 1671 je součástí jímky:

- odvětrání;
- zásobování el. energií;
- řídicí a poplachové zařízení;
- snímače hladiny;
- uzavírací armatury a zpětné klapky k zamezení zpětného průtoku z tlakového systému.

Jímka je opatřena snímačem hladiny pro automatický chod čerpadel a pro signalizaci poruch. Ke snímání hladiny bývají využívány měřicí sondy, plovákové spínače či různé kombinace. Sondy řídí chod čerpadel a předávají informace poplachovému zařízení. Poplachové systémy jsou vybaveny světelnými a zvukovými signály. Zvukové signály by měly být manuálně deaktivovatelné. V případě poruchy majitel nemovitosti kontaktuje provozovatele sítě. Při delší době nevyužívání nemovitosti je doporučeno nechat připojení k elektrické síti, proto by měla být elektroinstalace navržena s vlastním jističem, zatímco zbytek přívodu elektrické energie do domu může být vypnut. Doporučuje se také částečné zatopení jímky vodou z důvodu redukce pachů. [19]

Náklady na zřízení čerpacích jímek včetně čerpadel a vybavení se pohybují okolo 75 % celkové ceny a můžou se vyšplhat až nad 90 %.

Obecně dělíme domovní čerpací jímky do dvou skupin:

- systém mechanického předčištění;
- mělnicí systém.

Výběr systému ovlivňuje použití čerpací techniky, velikost domovních čerpacích jímek a minimální světlosti potrubí.

Systém mechanického předčištění (SMP)

Pevné částice, které by neprošly potrubím nebo čerpadlem jsou zachyceny na česlech, sítích, nebo v předřazených jímkách. Jako jímky bývají využívány často bývalé septiky, ale velká část může nevyhovovat z hlediska kapacity, poškození, či úniků splaškových vod. Náklady na vybudování jímky se SMP bývají vyšší než pro mělnicí systém, avšak čerpadla pro mělnicí systém jsou dražší na nákup a spotřebují více energie. Obecně lze říci, že systém mechanického předčištění je ekonomicky výhodný jen v případě využití většího množství stávajících septiků.

Jímky se SMP běžně odstraní kolem 50 % BSK, 75 % nerozpuštěných látek a 90 % tuků. [21] Splašky přitékající na ČOV budou vykazovat menší hodnoty znečištění.

Jímky lze navrhovat jako prostý septik. Sedimentační a flotační prostor jímky lze vyčíslit v závislosti na cyklu vyvážení T. [8]

Sedimentační prostor:

$$V_{sed} = 0,019 \cdot T + 0,06 \quad (4.1.2-1)$$

kde V_{sed} objem sedimentačního prostoru [m^3/os]

T cyklus vyvážení [roky]

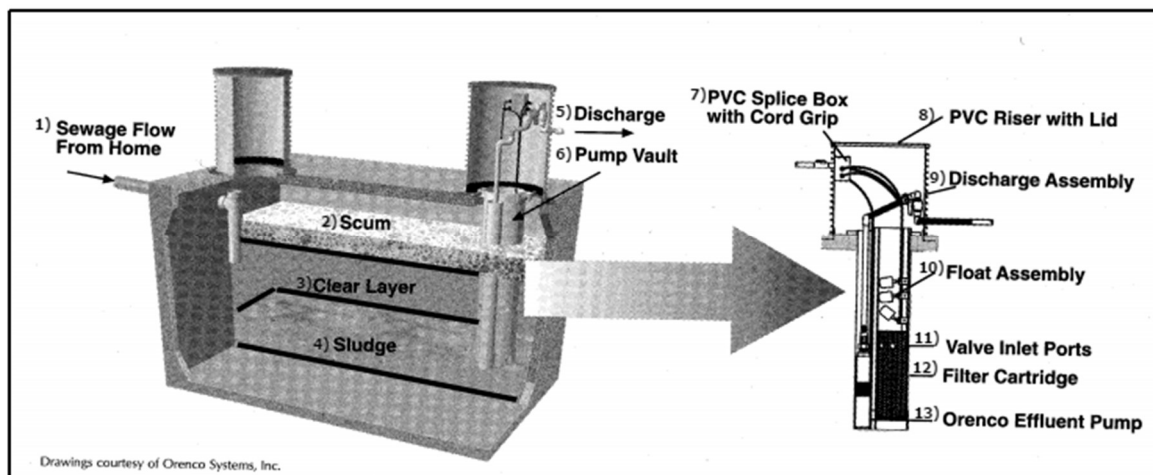
Flotační prostor:

$$V_{flot} = 0,012 * T + 0,03 \quad (4.1.2-2)$$

kde V_{flot} objem flotačního prostoru [m^3/os]

T...cyklus vyvážení [roky]

Jde o dnes již málo využívaný systém, pojí se s ním problémy s odstraňováním primárního kalu a nečistot z DČJ. [12] Vlivem dlouhého zdržení odpadních vod vzniká anaerobní prostředí způsobující nepříjemný zápach a vznik agresivního sirovodíku.



Obr. 4.1.2-2 Příklad jímky systému mechanického předčištění, zdroj: [22]

(1) domovní přípojka, 2) pěna/tuky 3) čistá vrstva 4) kal 5) výtlak, 6) čerpací jímka 7) elektrorozvody, 8) poklop, 9) výtlak, 10) hladinoměry, 11) vstupní klapka, 12) filtr, 13) čerpadlo)

Mělnicí systém

Mělnicí systém rozmělnňuje pevné složky obsažené v odpadních vodách na směs schopnou projít tlakovou kanalizací. Tato směs je vytvářena pomocí nožů (řezací zařízení) či pomocí drtičů (mletí). Čerpadla s drtičem bývají dražší, protože drtič je z důvodu dosažení vysoké tvrdosti vyráběn z vysokolegované oceli. [13]

Při použití mělnicího systému je možné využít světlosti potrubí od DN50 včetně.

Jímky mělnicího systému jsou budovány jako mokré, vystrojené ponorným čerpadlem.

V jímce může být osazeno jedno či více čerpadel. Více čerpadel může být osazeno z důvodu čerpaného množství, nebo jako čerpadla záložní v případě poruchy.

4.1.3 Domovní čerpadlo

V současnosti nejpoužívanější typ čerpadel pro dopravu splaškových vod jsou čerpadla odstředivá a čerpadla vřetenová, nejčastěji umístěná do mokré jímky. K většině druhů čerpadel výrobci nabízejí také variantu s osazeným mělnicím zařízením. Osazení čerpadel do suché jímky je vhodnější pro údržbu čerpadel a zamezuje ulpívání tuků na těle čerpadel, je však prostorově náročnější.

Díky proměnlivým pracovním tlakům (dopravním výškám) jsou preferována čerpadla s co nejstrmější charakteristikou – čerpadla, která vykazují relativně malé změny čerpaného množství při proměnlivých výtlačných výškách. [8] Na základě zkušeností jsou za hospodárná považována čerpaná množství pod 4,0 l/s, při výtlačných výškách max. 50 m v. sl. Snahou je udržet potřebný elektrický příkon pod 3,5 kW. [8]

Pokud se výtokové potrubí nachází hlouběji v DČJ, je vhodné trubní spoje vedoucí k čerpadlu opatřit rychloodjímáteelnými spoji.

Odstředivá čerpadla

Odstředivá čerpadla fungují na principu přeměny mechanické energie na energii kinetickou, kterou kapalině uděluje věnec oběžného kola. Kinetická energie se postupně za výstupem z oběžného kola mění na energii tlakovou.

Pro čerpání odpadních vod byly vyvinuty dva základní typy kalových čerpadel:

- s kolem otevřeným – málo lopatek, obvykle jen dvě;
- s kolem uzavřeným – kapalina vstupuje pouze po obvodu kola.

Průtok vyvozený čerpadlem se mění s rychlostí otáčení a s protitlakem, který proti směru proudění generuje potrubí. Z výše uvedeného vyplývá, že hydraulické podmínky pro práci čerpadel se mění i s jejich situačním umístěním v síti. Při sepnutí nadnávrhového počtu čerpadel v síti může dojít k nárůstu tlaku, který čerpadlo nebude schopné „přetlačit“. Čerpadla pro tlakovou kanalizace tedy musí běžet i v režimu, kdy je výstupní potrubí zcela uzavřeno.

Při poklesu tlakové čáry veřejného řadu pod úroveň hladiny v DČJ může dojít k odsátí části odpadních vod a zavzdušnění čerpadla. K zavzdušnění čerpadla může dojít také při selhání čidla na úrovni vypínací hladiny. Běžná odstředivá čerpadla mají jen slabý sací efekt, je proto nutné je provozovat již zavodněné. Existují však i samonasávací provedení, kdy čerpadlo je schopné si vodu nasát samo, či čerpadla schopná běžet na sucho. [14]

Hydraulické spolupůsobení čerpadla a přípojky lze vyjádřit tak, že ztráty v přípojce odečteme na charakteristice od dopravní výšky čerpadla pro příslušné Q. Takto upravenou charakteristiku lze přímo použít ve vztahu k výpočtovým uzlům na tlakových kanalizačních řadech. [8]

Vřetenová čerpadla (šroubová, šneková)

Hydrostatická rotační axiální čerpadla, z prostorových důvodů pro čerpání odpadních vod většinou vertikální. Hydrostatická čerpadla fungují na principu přeměny mechanické energie na energii hydraulickou. V závislosti na výrobci existuje spousta různých variant provedení. Prakticky jde o otáčení rotoru v podobě šroubovice uložené v pevném nepohybujícím se statoru. [15]

Čerpadla vynikají dobrými sacími schopnostmi a dodávají stejný průtok prakticky nezávislý na tlaku. Při čerpání do uzavřeného výtlaku narůstá příkon elektrického proudu až do odstavení elektromotoru tepelnou ochrannou. Čerpadla produkují minimum vibrací. Na druhou stranu jsou oproti odstředivým čerpadlům rozměrnější a dražší na výrobu.

Při delším běhu čerpadla na sucho může dojít k poškození statoru a dalších částí čerpadla, mělo by být tedy zabráněno odstátí splašků do řadu a zajištěna správná funkčnost snímače hladin.

Charakteristiky vřetenových čerpadel jsou obecně strmé, vykazují malé změny čerpaného množství při proměnlivých výtlačných výškách, jsou tedy vhodné pro řešení tlakových systémů.

4.1.4 Tlaková kanalizační přípojka

Tlaková kanalizační přípojka spojuje domovní čerpací jímku s tlakovým řadem. Měla by být vedena v co nejkratší vzdálenosti, kolmo na hlavní tlakový řad. Vlastníkem přípojky je její zhotovitel či majitel nemovitosti.

Světlost přípojky u mělníciho systému začíná na DN50, bez použití mělníciho systému na DN80.

Napojení na hlavní tlakový řad může být provedeno za pomoci T-kusu, nebo navrtávacím pasem.

4.1.5 Automatické tlakové stanice

Při delší době zdržení odpadních vod v tlakovém systému dochází ke zhoršení kvality odpadních vod a vlivem anaerobního prostředí k tvorbě korozivních látek. Ke zlepšení průtoku je využit tlakový vzduch. Na problematickém úseku potrubí je umístěna tlaková stanice (kompresory, větrníky) napojená na tlakové potrubí. Tlakovým vzduchem můžeme vyprazdňovat potrubí či pouze provzdušňovat odpadní vody a tím zamezit anaerobnímu rozkladu.

4.1.6 Tlakové potrubí

Norma ČSN EN 1671 nestanovuje použitelné materiály. Veškeré tlakové potrubí musí být vyrobeno z nekorodujících materiálů a musí být odolné vůči dynamickému zatěžování. Mezi nejrozšířenější materiály pro venkovní rozvody v ČR patří HDPE. Mezi další materiály můžeme zařadit PVC, sklolaminát, nerezovou ocel, běžnou ocel opatřenou protikorozií ochranou i tvárnou litinu.

Tlakové potrubí musí být odolné nejméně na tlak 0,6 MPa. [16] Pevnost je ovlivněna korozivními vlivy a teplotou dopravovaného média. Materiály pro tlakovou kanalizaci by měly být vůči splaškovým vodám stálé. Pevnost tlakových trub je závislá na teplotě, hodnoty závislosti by měl předložit výrobce materiálu. V kanalizačním řádu by měly být uvedeny hodnoty maximální teploty pro vypouštění odpadních vod.

Tlakové potrubí se ukládá do nezámrzé hloubky, s ohledem na místo uložení (např. zatížení od dopravy), především do zeleného pásu a chodníků. Ve spojných uzlech, nebo po 300 m se zřizují provozní uzávěry dělicí kanalizaci na sekce. Tyto sekce by měly mít možnost gravitačního odvodnění. U těchto sekcí se nedoporučuje změna profilu, například z důvodu čištění. [8] Ve vrcholových lomech může být umístěno zařízení pro odvzdušnění vhodné pro odpadní vody. Při navrhování je třeba uvažovat i výskyt vodních rázů a pachů. [16]

Minimální jmenovité světlosti potrubí jsou DN80, pro mělníci systém DN50. K nejmenším světlostem je možno přikročit u systému předřazených septiků.

Pro plastové potrubí se pro návrh v USA uvažuje bezrozměrný koeficient drsnosti dle Hazen-Williams, hodnoty se pohybují okolo 150, avšak kvůli usazování a mikrobiologickému nánosu na stěnách potrubí se doporučuje redukovat na 130 až 150. [20] Vrcholové rychlosti v potrubí se běžně navrhuje od 0,6 m/s do 1,6 m/s, pro systémy s mělnicím systémem by neměly rychlosti klesat pod 0,8 m/s z důvodu usedání pevných nečistot. Pro systémy mechanického předčištění by měly být dosaženy rychlosti alespoň 0,3 m/s.

4.1.7 Armatury na tlakové síti

Uzávěry

Uzávěry jsou osazovány na odbočkách a větveních, při přechodech vodních toků a pozemních komunikací a v dlouhých úsecích (0,8–1,6 km). [8] Dále se navrhuje u dalších zařízení na síti (tlakoměry, průtokoměry, čistící vstupy, tlakové stanice). V případě očekávaného rozšíření kanalizačního řadu se uzavírací ventily umísťují na konec řadu a ulehčují pozdější napojení. V zásadě se umísťují stejně jako u vodovodních řadů.

Pro uzávěry nejsou vhodné armatury, u nichž zůstává překážka v průtočném profilu (např. klapky), kde může dojít k zachycení vláknitých nečistot.

U výrobce je vhodné ověřit odolnost vůči produktům anaerobního rozkladu.

Čistící vstupy

Jsou umísťovány na koncích větví a v místech změn průměru potrubí. Jde o odbočnou větev, vyvedenou většinou na úroveň terénu, kterou je vkládán čistící mechanismus. Pokud je odbočná větev čistícího vstupu uspořádána vertikálně, bývá doplňována automatickým odvzdušňovacím ventilem. [8] Na konci úseků je vhodné umísťovat koncové čistící vstupy doplněné o automatické odvzdušňovací ventily.

Odvzdušňovací a zavzdušňovací ventily

Akumulace vzduchu v potrubí může způsobit zvýšení potřebného tlaku v systému, akumulaci vzduchu a splašků ve vrcholových bodech a další potíže. Řad by měl být navržen tak, aby počet ventilů byl co nejmenší, tedy eliminovat zbytečné vrcholové lomy na síti. Ventily mohou být automatické a manuální. Potřeba osazení ventilů by měla být posouzena při klesání nad 10 %. Nutnost osazování ventilů klesá s vyššími průtoky, menšími sklony a kratšími úseky. Plyny mohou být produkovány také mikrobiologickou aktivitou v potrubí. Ventily by měly být určeny pro tlakovou kanalizaci z důvodu zlepšeného odolávání korozi a umísťovány ve vrcholových bodech kanalizačního řadu. V závislosti na okolnostech mohou být odvzdušňovací ventily opatřeny protizápachovým filtrem.

Měřicí stanice

Měření na síti se provádí měřáky průtoků, rychlostí či tlaků. Průtokoměry slouží k ověření návrhových parametrů a optimalizaci sítě. Na základě dat lze analyzovat například dobu zdržení v síti a následně umístit například automatické tlakové stanice či dávkování dezinfekce.

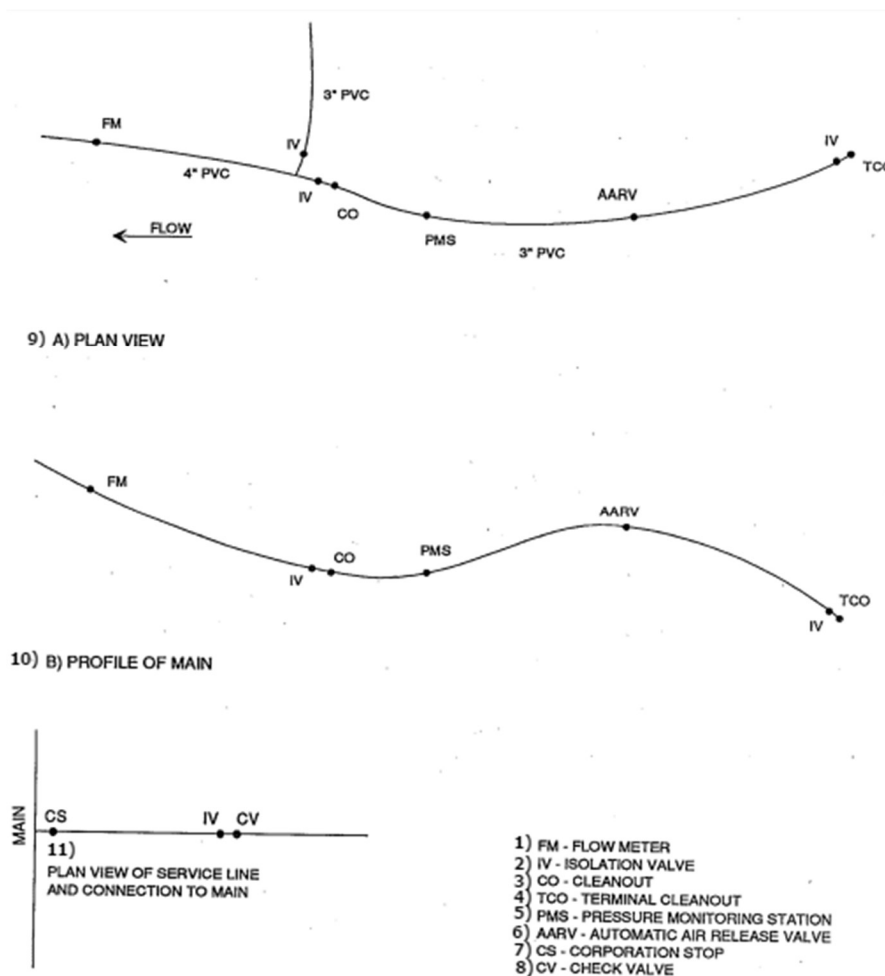
Pro umístění tlakoměrů je vhodné uzpůsobit všechna dostupná místa na síti (čistící vstupy, kalníky, zavzdušňovací ventily a průtokoměrné stanice). Pouze v místech, kde lze očekávat provozní problémy, by měly být zřizovány samostatné měřicí vývody.

Tlakové poměry by mělo být možné také měřit v DČJ, a to v případě, že na tlakové přípojce není osazen kontrolní vstup.

Kalníky a proplachovací hydranty

Proplachovací hydranty se umísťují v místech, kde není dostačující proplachování tlakovým vzduchem.

Kalníky slouží k vypuštění úseků na síti, např. pro účely čištění či obnovy sítě.



Obr. 4.1.7-1 Příklad umístění armatur na síti, zdroj: [22]

(1) průtokoměr, 2) uzávěr, 3) čistící vstup, 4) koncový čistící vstup, 5) tlakoměr, 6) vzdušník, 7) neovladatelný uzávěr, 8) kontrolní vstup, 9) tlaková síť, 10) hlavní řad, 11) připojení na hlavní řad)

4.2 HYDRAULICKÝ NÁVRH TLAKOVÉ KANALIZACE

Hydraulický návrh musí být v souladu s normou ČSN EN 1671. Zabývá se návrhem dimenzí sítě a čerpací techniky.

4.2.1 Množství odpadních vod, návrhové stavy

Základním podkladem pro navrhování kanalizačních systémů je stanovení objemu odpadních vod a průtoků ve stokovém systému. Spolehlivou metodou je převzetí těchto hodnot dle spotřeby vody v lokalitě, a to v případě, že je v lokalitě vybudována vodovodní síť. Návrhové průtoky slouží ke stanovení světlosti potrubí a návrhové tlakové čáry. V síti se dále stanovují průtoky, které vyvolávají dostatečnou unášecí rychlost – unášecí rychlosti dle kapitoly 4.1.6. Pokud nejsou průtoky dosaženy v dostatečném počtu s ohledem na dobu „stání“ vody v potrubí, navrhuje se opatření (aerace, proplach). Vrcholové průtoky ovlivňuje také návrh hlavního řadu. Systémy o větší nominální světlosti budou vykazovat vyšší vrcholové průtoky, u systémů s menším DN budou čerpadla běžet po delší dobu s menšími průtoky.

Během dne jsou průtoky v systému proměnlivé v čase, maximální průtoky nastávají kolem 7 až 8 hodiny ránní a kolem 19 až 20 hodiny večerní. V případě, že by čerpadla byla navržena na odčerpání stejného množství vod jako je přítok odpadních vod při maximálních průtocích do DČJ, došlo by ke zbytečnému předimenzování čerpadel. Úkolem čerpadel je odčerpat odpadní vody dříve, než dosáhnou úrovně varovného signalizačního systému. Část rezervního objemu jímky může být tedy využita ke krátkodobé akumulaci odpadních vod.

Minimální potřebný průtok může být stanovený dle vzorce:

$$Q = \frac{V-S}{t} \quad (4.2.1-1)$$

kde Q minimální průtok na výstupu z čerpadla [m^3/s]

V objem odpadních vod z nemovitosti [m^3]

S rezervní objem mezi spínací hladinou a signalizační hladinou [m^3]

t doba čerpání [s]

Objemy DČJ by svojí akumulací neměly zvětšovat interval nulového odtoku z nemovitostí, aby byl zajištěn přítok odpadních vod na ČOV.

Dimenze hlavní trubní sítě je navržena právě na maximální hodinové průtoky, objevující se většinou 2 × denně. Pro stanovení těchto průtoků se používají nejčastěji dvě metody:

- stochastická (pravděpodobnostní metoda);
- racionální metoda.

Pravděpodobnostní metoda spočívá ve stanovení teoretického počtu čerpadel, které běží v součinnosti a nijak neřeší jejich umístění na síti. Mnoho tlakových systémů však využívá odstředivých čerpadel. Q-h křivky odstředivých čerpadel jsou postupně klesající, čerpaný objem je tedy proměnlivý s tlakovou výškou. Průtoky jsou nepřesně odhadované a množství čerpadel v chodu neudává přesnou hodnotu průtoku v síti. Tato metoda je vhodná spíše pro návrh sítě využívající vřetenová čerpadla, jejichž charakteristika je strmě svislá.

Pro návrh systémů s odstředivými čerpadly je vhodnější výpočet pomocí racionální metody. Tato metoda je vhodná i pro výpočet systémů s čerpadly vřetenovými.

Racionální metoda stanovuje průtoky dle počtu připojených nemovitostí. Dle tohoto počtu se stanoví průměr potrubí a čára hydrodynamického tlaku. Čerpadla jsou pak navrhována zpětně, a to tak, aby plnila návrhový průtok pro dříve stanovený tlak.

Návrhovými průtoky rozumíme maximální průtoky v síti objevující se s určitou pravděpodobností jednou až dvakrát za den. Dle Manual – Alternativewastawater collection systems [22] jsou níže uvedeny různé metody výpočtu návrhových průtoků a jejich srovnání:

Environment one: Využívá pravděpodobnostní metodu výpočtu.

ASCE California: Výsledky měření ze 13 systémů s počtem rodinných domů 63–295.

ASCE Northeastern U.S.: Výsledky měření 15 systémů s počtem rodinných domů 44–410.

Fair-Geyer's rovnice: Vychází z měřených průtoků na gravitačních stokových soustavách.

$$\frac{Q_h}{Q_{24}} = (18 + P)^{0,5} / (4 + P)^{0,5} \quad (4.2.1-2)$$

kde Q_h vrcholový maximální průtok [m^3/s]

Q_{24} průměrný denní průtok [m^3/s]

P počet obyvatel v tisících [ob]

Barnes: Návrhový manuál výrobce čerpadel. Doporučuje minimální průtok 1 l/s.

$$Q_p = 4 * Q_a \quad (4.2.1-3)$$

kde Q_p vrcholový maximální průtok [m^3/s]

Q_a průměrný denní průtok [m^3/s]

F. E. Myers: Návrhový manuál výrobce čerpadel. Koeficient vrcholového průtoku se pohybuje od 4,8 pro 0 obytných budov do 3,4 pro 700 obytných budov. Doporučují průměrný denní průtok pro tří pokojový dům 950–1510 l/d (250–400 gpd)

Zjednodušená rovnice: Na základě křivek z grafu byla vytvořena zjednodušená rovnice. Důvod jejího vytvoření je nemožnost stanovení přesných průtoků. Měněním koeficientu A zplošťujeme či zestrnujeme křivku, faktor B průtok zvětšuje či zmenšuje.

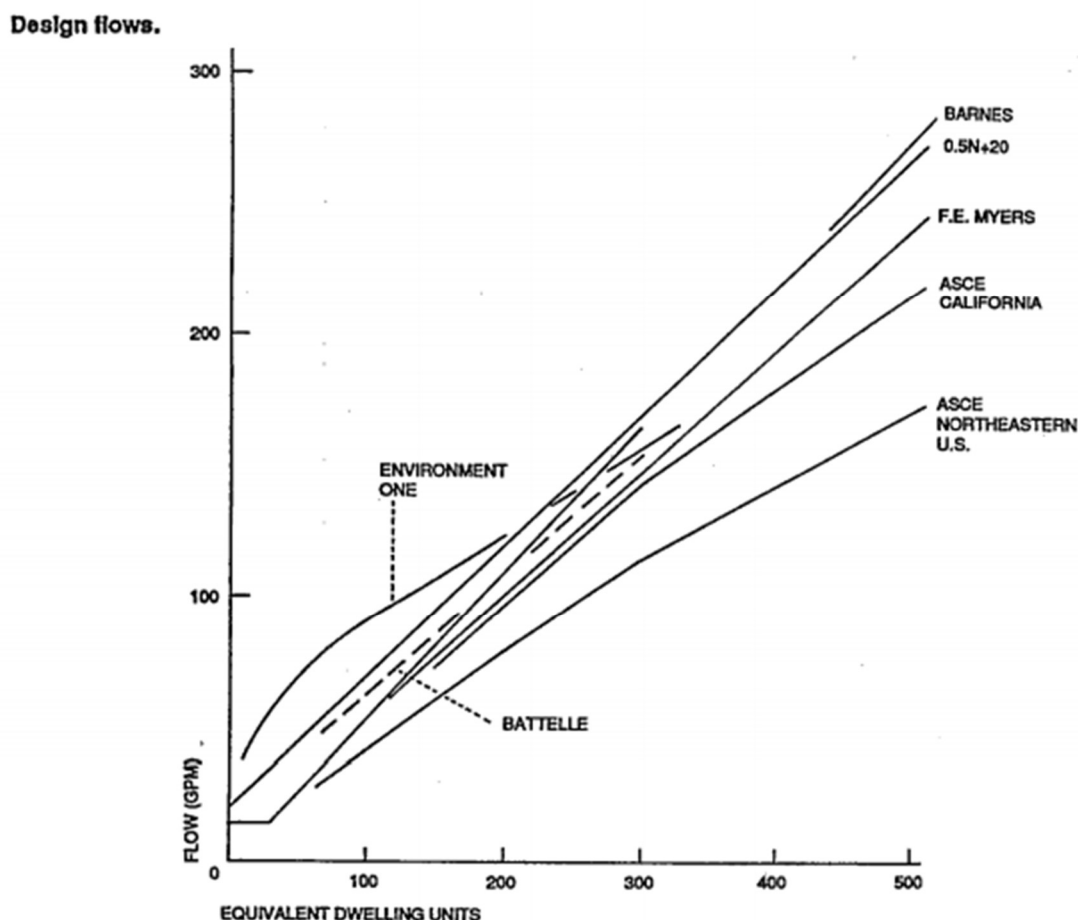
$$Q = AN + B \quad (4.2.1-4)$$

kde Q návrhový průtok [gpm] (gallons per minute: 1 g=3,785 l)

A volený koeficient (běžně 0,5) [-]

N počet obytných domů [-]

B volený koeficient (běžně 20) [-]



Tab. 4.2.1-1 Porovnání metod pro stanovení průtoků, zdroj: [22]

(flow – průtok, EDU – Počet připojených RD, ASCE – American society of civil engineers)

Křivky uvedené v grafu odpovídají maximálním návrhovým průtokům, objevujícím se 2 × denně. Křivky odpovídají průměrnému průtoku 740 l/d (195 gpd) a 3,5 osoby na RD. Křivky byly používány jak pro MS, tak pro SMP.

Při návrhu průměrných denních průtoků je potřeba zohlednit potřebu vody dle oblastí. Hodnoty spotřeby vody se liší podle regionu i charakteru zástavby. U vesnické zástavby se u nás průtoky pohybují mezi 90 až 110 l/os/den. [8]

Množství odpadních vod v tlakových systémech je oproti konvenčním stokovým systémům nižší, a to z důvodu omezeného vnikání balastních vod do tlakových kanalizací.

Německá ATV-A 116 E používá pro výpočet návrhových průtoků koeficient $k_m=1,5$. [8]

$$Q = n * q * k_m \quad (4.2.1-5)$$

kde Q návrhový průtok [l/s]
 n počet obyvatel [-]
 q denní specifický odtok ($q=0,005$ [l/s/ob])
 k_m volený koeficient [-]

4.2.2 Použitelné rovnice a vztahy

Další částí výpočtu je matematická simulace hydraulických jevů dle návrhových stavů získaných z předchozí kapitoly a jejich posouzení. Hydraulický děj v tlakové kanalizaci považujeme za neustálené tlakové proudění způsobené střídavým spínáním různého počtu čerpadel v nahodile se měnících kombinacích a s tím spojeným proměnlivým pracovním bodem čerpadel. Pro návrhové průtoky je konstruována čára hydrodynamického tlaku a jsou vyšetřovány tlakové a rychlostní poměry. Nevyhoví-li posouzení některým kritériím (vysoký tlak, malá četnost unášecích průtoků), je nutné změnit návrh a znova posoudit. [8]

Pro stanovení tlakových ztrát a vykreslení čáry tlaku se dle [22] využívá rovnice Hazen-Williams a Maningova rovnice.

Výpočet podle Hazen-Williams: Koeficient C není funkcí Reynoldsova čísla, je platný pouze pro vodu a nezohledňuje teplotu a viskozitu vody. Jedná se o empiricky stanovený vzorec:

$$v = k * C * R^{0,63} * i^{0,54} \quad (4.2.2-1)$$

kde v rychlost [m/s]

k koeficient dle systému jednotek [-] ($k=1,318$ pro systém US, $k=0,849$ pro jednotky SI)

C koeficient drsnosti [-]

R hydraulický poloměr [m]

i sklon čáry energie [-]

Hydraulický poloměr pro plně zatopené potrubí:

$$R = \frac{d}{4} \quad (4.2.2-2)$$

kde R hydraulický poloměr [m]

d průměr potrubí [m]

Po úpravě vztahu dostaneme vzorec:

$$i = \frac{0,54}{\sqrt{k * C * d^{0,63}}} \sqrt{4^{0,63} * v} \quad (4.2.2-3)$$

kde i sklon čáry energie [-]

v rychlost [m/s]

k koeficient dle jednotek [-] ($k=1,318$ pro US systém, $k=0,849$ pro jednotky SI)

C koeficient drsnosti [-]

Výpočet podle Manninga: Jedná se o empiricky stanovený vzorec, je vhodný spíše pro ne zcela zatopená potrubí. Dle [22] je však pro výpočet dostačující. Vzorec vychází z Chézyho rovnice:

$$v = C\sqrt{R * i} \quad (4.2.2-4)$$

kde v rychlost [m/s]
 C rychlostní součinitel dle Manninga [$m^{0,5}/s$]
 R hydraulický poloměr [m]
 i sklon čáry energie [-]

Rychlostní součinitel dle Manninga C :

$$C = \frac{1}{n} * R^{1/6} \quad (4.2.2-5)$$

kde C rychlostní součinitel dle Manninga [$m^{0,5}/s$]
 n Manningův součinitel drsnosti potrubí [-]
 R hydraulický poloměr [-]

Úpravou vztahu (4.2.2-4) pomocí vztahu (4.2.2-5) dostaneme vzorec pro sklon čáry energie dle Manninga:

$$i = \left(\frac{v * n * 4^{2/3}}{d^{2/3}} \right)^2 \quad (4.2.2-6)$$

kde i sklon čáry energie [-]
 v rychlost [m/s]
 n Manningův součinitel drsnosti potrubí [-]
 d průměr potrubí [m]

Výpočet podle Darcy-Weisbacha: Tlakovou ztrátu třením na úseku potrubí vypočítáme dle vzorce:

$$h_{z,t} = \lambda * \frac{L}{d} * \frac{v^2}{2 * g} \quad (4.2.2-7)$$

kde $h_{z,t}$ výška ztrát třením po délce [m]
 λ součinitel tření [-]
 L délka potrubí [m]
 d průměr potrubí [m]
 v rychlost [m/s]
 g gravitační zrychlení [m/s^2]

Sklon čáry energie je možné spočítat jako podíl ztrátové výšky a délky potrubí:

$$i = \frac{h_{z,t}}{L} \quad (4.2.2-8)$$

kde i sklon čáry energie [-]
 $h_{z,t}$ výška ztrát třením po délce [m]
 L délka potrubí [m]

Úpravou rovnice (4.2.2-8) pro délku potrubí, dosazením do rovnice (4.2.2-7) a následnou úpravou dostaneme rovnici:

$$i = \lambda * \frac{1}{d} * \frac{v^2}{2 * g} \quad (4.2.2-9)$$

kde i sklon čáry energie [-]
 λ součinitel tření [-]
 d průměr potrubí [m]
 v rychlost [m/s]
 g gravitační zrychlení [m/s²]

Součinitel tření λ se liší dle režimu proudění, režimy proudění pro výpočet dělíme na laminární, přechodovou oblast a turbulentní. Rozdělení je dle Reynoldsova čísla:

$$Re = \frac{v * d}{\gamma} \quad (4.2.2-10)$$

kde Re Reynoldsovo číslo [-]
 d průměr potrubí [m]
 v rychlost [m/s]
 γ kinematická viskozita kapaliny [m²/s]

Výpočet λ pro laminární proudění ($Re \leq 2320$):

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (4.2.2-11)$$

kde λ součinitel tření [-]
 Re Reynoldsovo číslo [-]

Výpočet λ pro přechodovou oblast dle White-Colebrooka ($2320 < Re < 4000$):

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log * \left(\frac{k}{3,71 * d} + \frac{2,51}{Re * \sqrt{\lambda}} \right) \quad (4.2.2-12)$$

kde λ součinitel tření [-]
 Re Reynoldsovo číslo [-]
 k absolutní drsnost potrubí [m]
 d průměr potrubí [m]

Výpočet λ pro Turbulentní proudění ($4000 < Re$):

$$\lambda = \frac{1}{\left(1,74 + 2 \log \frac{d}{2 \cdot k}\right)^2} \quad (4.2.2-13)$$

kde λ součinitel tření [-]
 Re Reynoldsovo číslo [-]
 k absolutní drsnost potrubí [m]
 d průměr potrubí [m]

Pro proudění v potrubí tlakové kanalizace volíme zjednodušující předpoklady, které umožňují řešit úlohy s dostatečnou přesností. Pro výpočet využíváme zjednodušenou rovnici kontinuity:

$$Q = v \cdot S = \text{konst.} \quad (4.2.2-14)$$

kde Q průtok [m^3/s]
 v střední průřezová rychlost [m/s]
 S průtočný profil [m^2]

Předpokládáme, že rychlost je v celém průřezu neměnná a její vektor je rovnoběžný s osou potrubí. Dále předpokládáme, že tlak v průřezu se mění hydrostaticky a za základ uvažujeme tlak v ose potrubí.

5 VENKOVNÍ PODTLAKOVÝ SYSTÉM STOKOVÉ SÍTĚ

Venkovní podtlakové systémy, stejně jako systémy tlakové, jsou využívány především pro dopravu pouze splaškových vod, nikoliv vod dešťových. Využívají se především v rovinatých terénech a za těchto podmínek:

- rovinná území – převýšení cca do 6 m, v závislosti na podtlaku ve stoce;
- malé obce;
- vysoký stav podzemní vody;
- malá hustota osídlení;
- nepříznivé základové poměry;
- ochranné pásmo zdroje pitné vody;
- dočasný přítok odpadních vod.

Dle [23] je minimální počet připojených rodinných domů na podtlakovou stanici 75 až 100, aby byl návrh ekonomicky přijatelný. Průměrný počet připojených domů v USA na jednu podtlakovou stanici je 200 až 500, toto číslo však každým rokem stoupá.

5.1 HLAVNÍ ČÁSTI SYSTÉMU

Podtlakový venkovní kanalizační systém se skládá z:

- domovní přípojka;
- sběrná šachta;
- sací ventil;
- podtlaková kanalizační síť;
- podtlaková stanice.

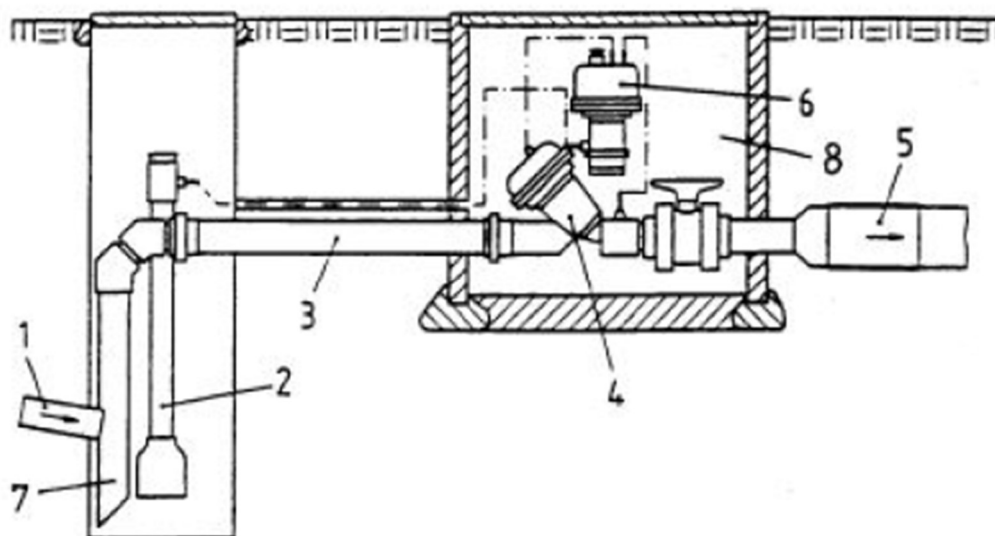
5.1.1 Domovní přípojka

Přípojka vedoucí z nemovitosti do sběrné šachty. Přípojka je gravitační, návrhové parametry v souladu s ČSN 75 6101. Maximální hladina ve sběrné šachtě se odvíjí od vstupní úrovně domovní přípojky. Hladina v jímce nesmí způsobovat vzduť hladiny na přípojce. Na přípojce je umístěna v co nejbližší vzdálenosti ke sběrné šachtě zavzdušňovací trubka, která brání odsátí splaškových vod z vodního uzávěru.

5.1.2 Sběrná šachta

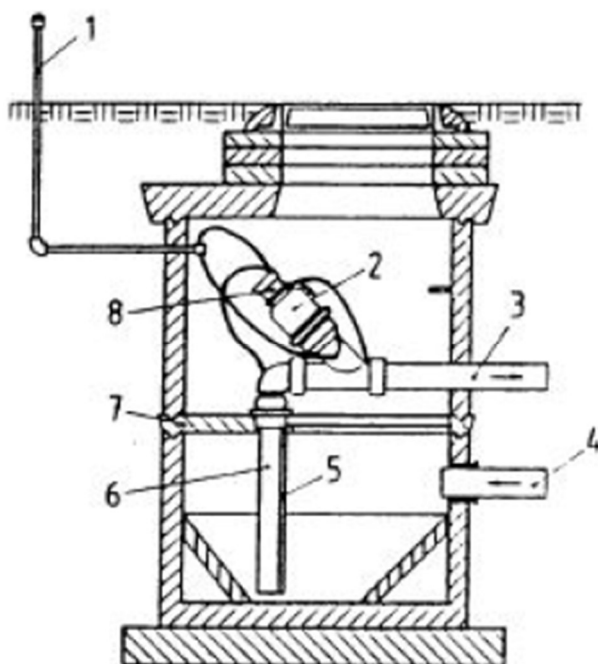
Sběrné šachty jsou umístěny na soukromém či veřejném pozemku. Musí být vodotěsné z důvodu zabránění vniku dešťových vod. Jedna sběrná šachta (jímka) může sloužit pro napojení více nemovitostí.

Sběrná jímka, sloužící pro akumulaci odpadních vod, se může nacházet v prostorech sběrné šachty, či mimo ní. Viz Obr. 5.1.2-1 a Obr. 5.1.2-2.



Obr. 5.1.2-1 Sběrná šachta s oddělenou armaturní komorou, zdroj: ČSN EN 1091

(1) gravitační přítokové potrubí, 2) snímač hladiny, 3) sací potrubí, 4) sací ventil, 5) potrubí do podtl. stoky, 6 ovládání, 7) sběrná jímka, 8) armaturní šachta)



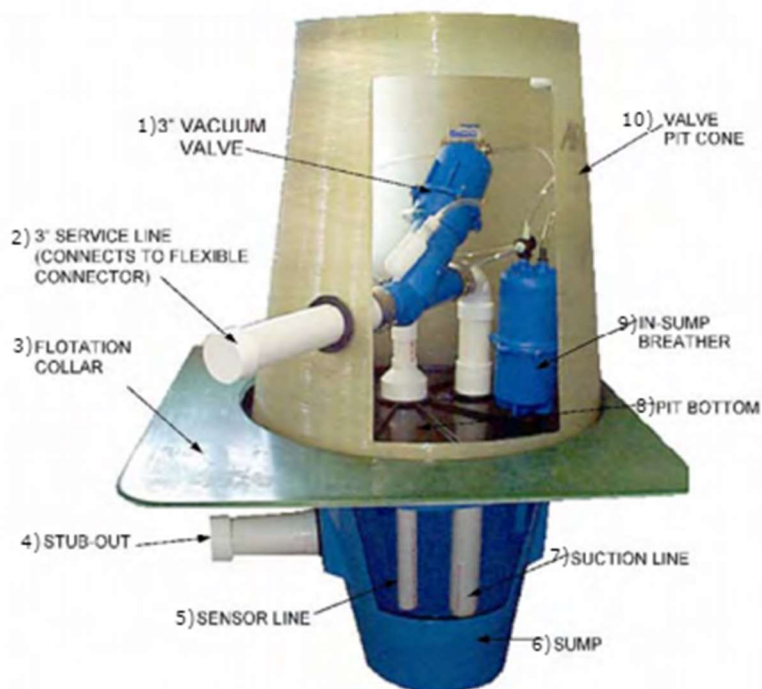
Obr. 5.1.2-2 Sběrná šachta se sacím ventilem zavzdušňovaným potrubím, zdroj: ČSN EN 1091

(1) zavzdušňovací potrubí, 2) sací ventil, 3) potrubí do podtlakové stoky, 4) grav. přítokové potrubí, 5) snímač hladiny, 6) sací potrubí, 7) přepážka (nemusí být), 8) ovládání)

Dle ČSN EN 1091 v případě umístění sacího ventilu nad otevřenou sběrnou jímkou musí být osazena pracovní plošina.

Sběrné jímky musí být vodotěsné z důvodu vniku balastních vod či úniku vod splaškových. Musí být provedeny z korozivzdorných materiálů odolávajících účinků splaškových vod. Dle ČSN EN 1091 musí být objem sběrných jímek alespoň 125 % průměrného denního přítoku, pokud však není zabezpečen výpadek elektrického proudu na víc jak šest hodin, doporučuje se nejméně 160 % průměrného denního přítoku. Do tohoto objemu je také možnost uvažovat retenční prostor gravitační přípojky.

Zavzdušnění sběrných jímek v záplavových územích musí být vyvedeno nad povodňovou hladinu.



Obr. 5.1.2-3 Sklolaminátová sběrná šachta, zdroj: www.airvac.com

(1) podtlakový ventil, 2) podtlaková přípojka, 3) nadnášecí objímka, 4) domovní přípojka, 5) hladinoměr, 6) sběrná jímka, 7) podtlakové potrubí, 8) dno šachty, 9) přívzdušnění, 10) tělo sběrné šachty)

5.1.3 Sací ventil

Sací ventil je umístěn ve sběrné šachtě či uvnitř nemovitosti a jeho zavíráním či otevíráním je zajištěno odsávání splašků ze sběrné jímky. Sací ventily dělíme dle principu otevírání na: [17]

- pneumaticky otevírané;
- elektroventily ovládané plovákem;
- mechanické plovákové ventily (membránové a pístové sací ventily).

Mezi nejčastěji používané ventily patří pneumaticky otevírané. Jejich předností je způsob otírání a zavírání využívající rozdíl tlaku v senzorové trubce. Tyto ventily nemusí vyžadovat připojení na elektrickou síť. [17] Natékající odpadní voda v trubce snímače hladiny stlačuje vzduch. Při dosažení nastaveného otevíracího tlaku sepne řídicí jednotka ventil, který otevře propojení sběrné jímky a podtlakového potrubí. [6]

Při otevření ventilu dojde k nasátí splaškových vod společně s přísávaným vzduchem do ventilu. Tato směs je takto po částech, při každém otevření ventilu na úseku podtlakové kanalizace, postupně dopravována až ke zdroji podtlaku (podtlakové stanici).

Ventily mohou být konstrukčně řešeny tak, že nasávají vzduch společně se splašky, nebo dojde k nasátí splašků a následnému nasátí vzduchu.

Při nasávání vzduchu do ventilu vzniká hluk. Protihlukové opatření je provedeno v konstrukci šachty.

Sací ventil ústí do podtlakové domovní přípojky, která je ve spádu (obvykle 0,2 ‰) svedena do podtlakové kanalizační sítě. Jmenovitá světlost se pohybuje v závislosti na dodavateli a na počtu připojených nemovitostí na sběrnou šachtu od DN50 do cca DN80. Zaústěny jsou do vrchní části kanalizační stoky v rozmezí úhlu $\pm 60^\circ$ od svislé osy.

Dle normy ČSN EN 1091 musí být ventily provozuschopné, i když jsou ponořené ve vodě. Ventily musí umožnit nastavení různých poměrů vzduch voda.

Sací ventily patří k nejrizikovějšímu prvku na podtlakových stokových systémech z hlediska četnosti poruch. Z tohoto důvodu je v současné době trend zjednodušení a zrychlení lokalizace poruch pomocí informačních systémů. Jednotlivé sběrné šachty a jejich ventily jsou propojeny informačním kabelem vedeným po trase stokové sítě. Informace o stavu ventilů jsou přenášeny do podtlakové stanice, případně dále přes mobilní síť příslušné společnosti. Jakékoli poruchy či neobvyklé stavy jsou tedy zaznamenány včas a je usnadněna jejich lokalizace.



Obr. 5.1.3-1 Sběrná šachta se sacím ventilem, zdroj: Podhrázký

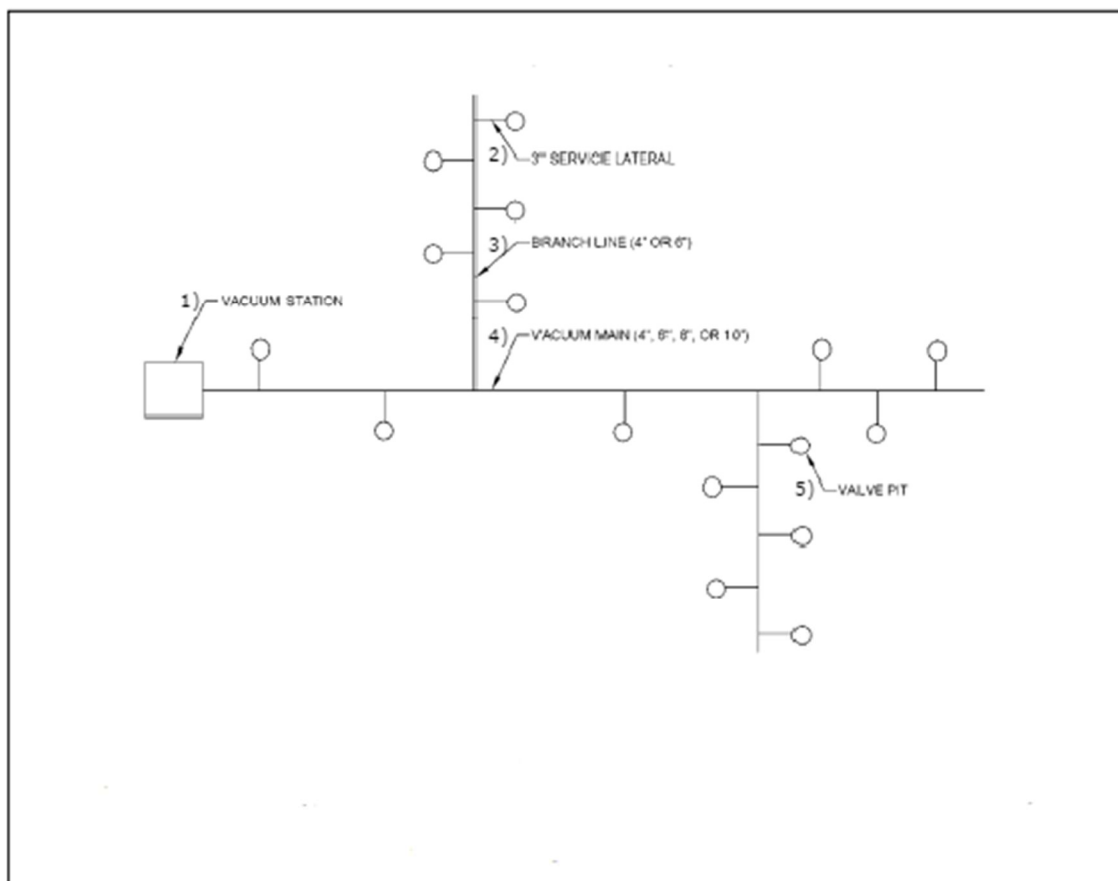
Poměr vzduch/voda v sacím ventilu

Splaškové vody jsou podtlakovým potrubím dopravovány po dávkách pomocí přisávaného vzduchu. Poměr vzduch/voda je nastavitelný na každém ventilu umístěném v systému. Se zvyšující se vzdáleností od podtlakové stanice a zvyšujícím se převýšením stoupá poměr vzduch/voda. Střední objemový poměr vzduch/voda se navrhuje v rozmezí 3:1 až 15:1. U podtlakové stanice se navrhuje poměr okolo 3:1. [6]

Na jeden sací ventil se většinou napojuje jedna až tři nemovitosti, technicky je však možné napojit až desítky nemovitostí.

5.1.4 Podtlaková kanalizační síť

Mezi nejrozšířenější materiály pro podtlakovou kanalizační síť patří PVC a PE s atestem na přetlak minimálně PN8. Potrubí se ukládá do výkopu nebo pomocí bezvýkopových technologií, minimálně do nezamrzé hloubky. Podtlakové potrubí je navrhováno výhradně jako větvový systém. Příklad rozložení sítě:

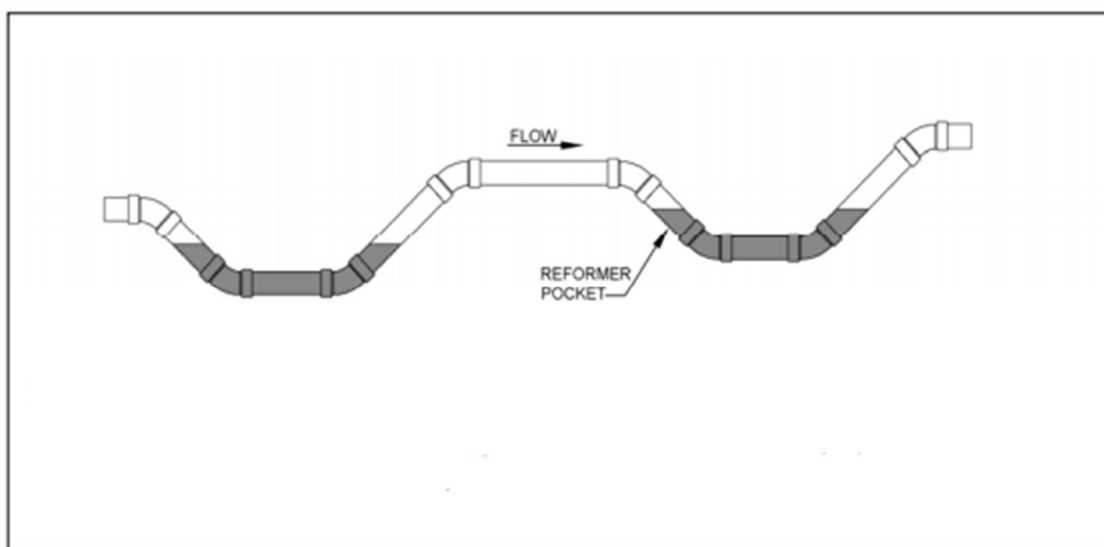


Obr. 5.1.4-1 Schéma podtlakové kanalizační sítě, zdroj: www.airvac.com

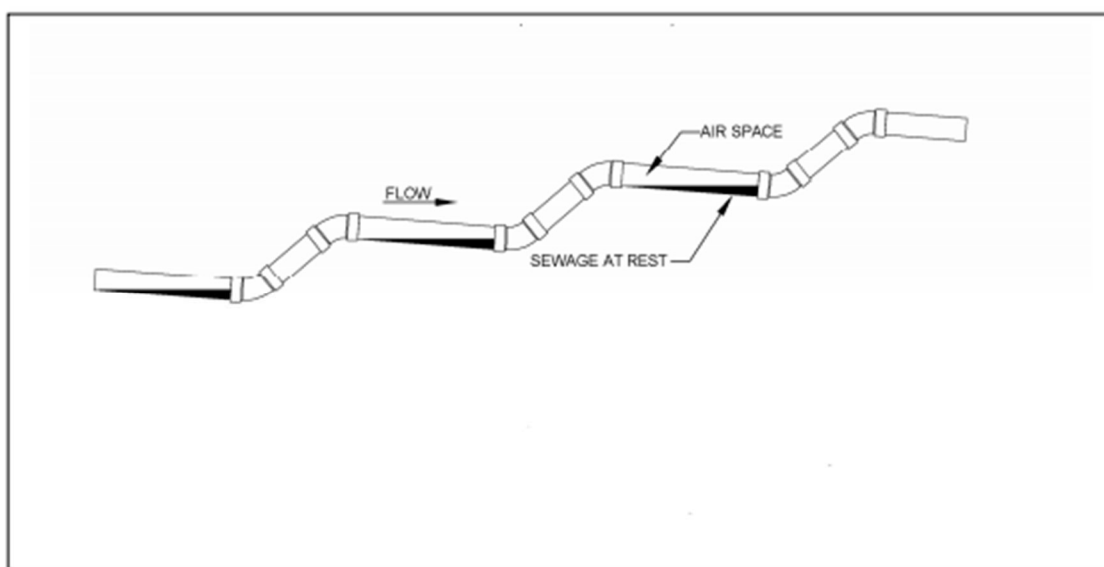
(1) podtlaková stanice, 2) podtlaková přípojka, 3) boční větev, 4) hlavní větev, 5) sběrná šachta)

Podélný profil je složen z větví klesajících následovaných zdvihem (protispádový úsek). Na konci klesající větve dochází k hromadění odpadní vody, která je po dostatečném uzavření profilu trubky vytlačena přes zdvih do další klesající větve. Podle DWA – A 116 – 1 rozlišujeme tři typy podélných profilů:

- vlnový profil vytvořený ohnutím bez pomoci tvarovek;
- zubový profil vytvořený 45° kolenními tvarovkami;
- kapsový profil, u kterého je před 45° kolenem osazen U-kus;



Obr. 5.1.4-2 Kapsový profil, zdroj: www.airvac.com



Obr. 5.1.4-3 Zubový profil, zdroj: www.airvac.com

Dřívější varianta návrhu uvažovala úplné zatopení zdvihu. Rozdílem tlaku před a za touto vodní ucpávkou dosáhneme pohybu splaškových vod. Vlivem tření mezi kapalinou a potrubím dochází k rozpadu vodního sloupce a tím snížení hnací síly. Proto byly navrhovány kapsy, které

umožnily obnovení vodního sloupce a tím obnovení tlakového rozdílu. Viz Obr. 5.1.4-2. Tato varianta se dnes již běžně nenavrhuje. [23]

Přistupuje se k návrhu zubových profilů, u kterých se neobjevují kapsové profily. Splašková voda tedy úplně nezaplní průtočný profil potrubí. Vzduch proudí nad kapalinou, a tak zachovává stejný podtlak po celé délce potrubí. Podtlak, který je vytvářen v podtlakové stanici, je tedy u každého ventilu stejný. V této podobě zaujímá voda podobu dutého točícího se válce. Hybnost vody a vzduchu unáší rozpadlý sloupec vody přes zubové zdvihy.

Obě výše uvedené formy pohybu jsou zjednodušením složitého dvoufázového režimu proudění.

Dle ČSN EN 1001 je minimální sklon klesající větve 2 ‰. Přednost by se měla dávat většímu počtu menších vrcholových lomů před jedním velkým. Výškový rozdíl dna potrubí v každém úseku stoupání by neměl být větší než 1,5 m. Mezi dvěma začátky úseků stoupání by měla být vzdálenost větší než 6 m. [7]

Minimální profil podtlakové stoky je dle ČSN EN 1091 DN/ID65 a to v případě, že není povoleno vypouštění hrubých nečistot do systému. Pokud omezení na vypouštění hrubých nečistot není, je minimální světlost potrubí DN/ID80. [7] Běžně navrhovaný profil se pohybuje v rozmezí od DN/ID80 až DN/ID250.

Na stoce jsou osazeny kontrolní trubky o minimální světlosti DN/ID65, navrhují se maximálně po 100 m. Kontrolní trubky slouží pro uzavírání větví, hledání netěsností, měření tlaku a přisávání vzduchu do stoky. Přisávání vzduchu do stoky probíhá pomocí automatických ventilů a slouží k odsátí splašků na úsecích, ve kterých dochází k poklesu podtlaku pod hodnotu podtlaku nastavenou pro otevírání sacích ventilů. Toto může být zapříčiněno například malým počtem sběrných šachet na úseku a s tím spojeným nedostatkem vzduchu pro odsání splašků z úseku.

K umožnění oprav se osazují na síť uzavírací zařízení v souladu s normou ČSN EN 1091.

Podtlakové systémy pracují nejlépe při větším počtu malých přítoků nacházejících se na různých místech sítě. Při napojení jednoho velkého producenta odpadních vod může dojít k opakovanému otevírání ventilu v krátkých časových intervalech, kdy se nestihne obnovit podtlak v síti. Tímto dojde k neustálému snižování podtlaku v síti. [24]

Využití podtlakových systémů nezpůsobuje příliš problémů se zápachem, a to zejména z důvodu, že se jedná o uzavřený systém, vzduch je do systému přiváděn a systém neobsahuje odvětrávací prvky a doba zdržení odpadních vod je krátká. Zápach může vznikat ve sběrných jímkách při dlouhodobém zdržení odpadních vod a v závislosti na konstrukci jímky.

Akumulace tuků by mohla být problematická, avšak zatím nebyly zaznamenány větší potíže. Podtlak většinou vtáhne plovoucí tuky do hlavní sítě, kde se směs pohybuje velkou rychlostí a tuky tak neulpívají na stěnách potrubí. Lapače tuků se umísťují nejčastěji u restauračních provozoven a tam, kde by se mohl očekávat jejich častější výskyt.

5.1.5 Podtlaková stanice

Podtlaková kanalizační síť je napojena na sběrnou podtlakovou nádobu umístěnou v centrální vakuové stanici. Sběrná nádoba může být umístěna uvnitř či vně podtlakové stanice. Odpadní

voda je z nádrže čerpána dále pomocí výtlačných čerpadel, pneumaticky, v případě vytváření podtlaku vývěvou může být odváděna gravitačně.

Úroveň napojení podtlakové stoky do podtlakové nádoby by neměla být větší než úroveň nejnižšího odkanalizovaného bodu. Je vhodné, aby byla podtlaková stanice umístěna uprostřed odkanalizovaného území, je-li to možné.

Pro případ výpadku elektrické energie umísťujeme záložní agregát pro výrobu elektrického proudu.

Návrhový podtlak by měl být dosažitelný i při výpadku jednoho z dvojice čerpadel.

Pro čerpání splašků z podtlakové nádoby je většinou využíváno čerpadel do suché jímky, každé z dvojice čerpadel by mělo být schopno odčerpát 100 % návrhové kapacity. Je vhodné, aby byla čerpadla umístěna pod hladinou sběrné podtlakové nádoby, aby byla minimalizována potřebná sací výška. Tlaková výška výtlačných čerpadel by měla být zvětšena o hodnotu podtlaku v tlakové nádobě. Používá se jak horizontální, tak vertikální čerpací technika.



Obr. 5.1.5-1 Dvojice výtlačných čerpadel v podtlakové stanici, zdroj: Podhrázký

Podtlaková nádoba se běžně vyrábí z oceli, nerezové oceli, či skelných vláken. Nerezové nádoby a nádoby ze skelných vláken jsou obecně dražší, ale nevyžadují pravidelnou údržbu. Nádoby z uhlíkové oceli vyžadují pravidelnou obnovu protikorozního nátěru.

V případě, že je vyústění odčerpaného vzduchu z podtlakové nádoby v místech, kde by mohl zápach působit potíže, navrhuje se různá opatření. V USA je nejrozšířenější užití kompostu dle manuálu od US EPA – Corrosion in Sanitary Sewerage System. Užívají se také další metody jako chemická neutralizace, absorpce pomocí aktivního uhlí a absorpce pomocí biofiltrů.

Podtlakové stanice generují vlivem činnosti čerpadel poměrně velké množství tepla. Normálně se klimatizování stanic nepoužívá, je však nutné zařídit prostup vzduchu mezi budovou a okolím. Maximální doporučené teploty jsou do 40 °C.

Vývěvy

Vývěvy slouží k udržování podtlaku v podtlakové nádobě. Rotačním pohybem odčerpávají plyny z podtlakové nádoby, čímž vyvábí podtlak. Hodnota podtlaku je obvykle udržována okolo 50–60 kPa. Navrhovány musí být vždy minimálně dva zdroje podtlaku stejného výkonu. V podtlakových stanicích se používají především olejové rotační lamelové vývěvy a suché bezdotykové vývěvy s rotačními písty. [17] Příkony vývěv se v závislosti na čerpaném množství a modelu pohybují v rozmezí od 3 do 11 kW.

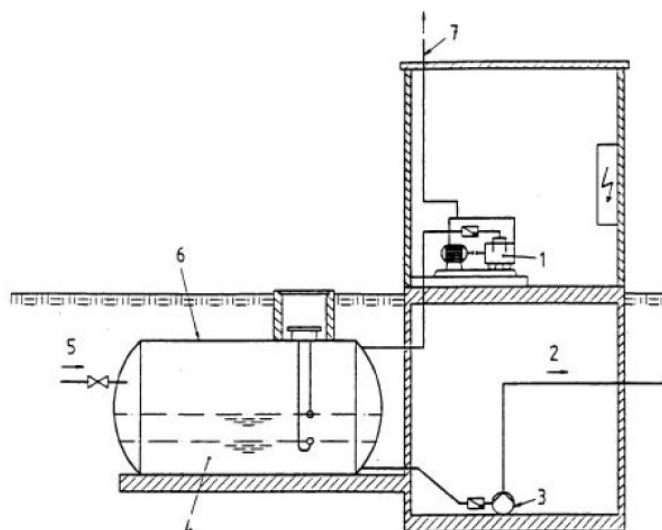
V případě vytváření podtlaku vývěvami nemusí být vývěvy umístěny v blízkosti podtlakové nádoby.

Podtlakové nádoby mohou být umístěny v prostorách podtlakové stanice či mimo ní, dále vertikálně či horizontálně. Dle ČSN EN 1091 nesmí přítoková potrubí zaústovat pod hladinu stávajícího havarijního uzavíracího systému. Nádoba musí být opatřena vstupním otvorem umožňujícím kontrolu a čištění. Každá nádoba musí být opatřena systémem kontroly hladiny a tlakovými spínači, které řídí chod čerpadel. V případě překročení maximální hladiny dojde k odstavení vývěv a přerušení provozu dané tlakové nádoby.

Splaškové vody jsou z podtlakové nádoby dále čerpány výtlačkem, nebo pneumaticky – za pomoci tlakových nádob (větrníků). Výtlačná čerpadla musejí být vhodná pro provoz při podtlaku bez kavitace. U systému s více než dvaceti napojenými obytnými budovami musí být umístěna nejméně dvě čerpadla stejného výkonu.

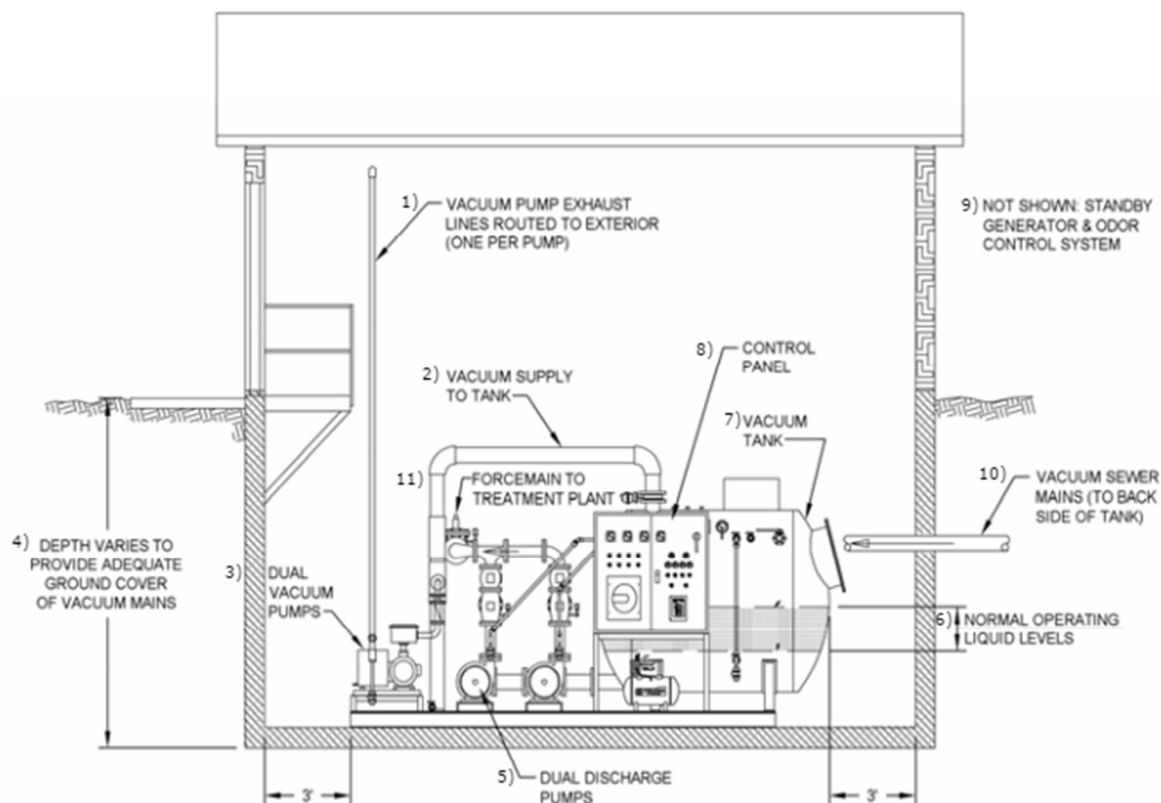


Obr. 5.1.5-2 Dvojice olejových rotačních vývěv, zdroj: Podhrázký



Obr. 5.1.5-3 Příklad podtlakové stanice s vodorovnou podzemní podtlakovou nádobou, zdroj: ČSN EN 1091

1) zdroj podtlaku, 2) výtlak, 3) výtlačné čerpadlo na splaškové vody, 4) splaškové odpadní vody, 5) podtlaková stoka, 6) podtlaková nádoba, 7) ventilační potrubí

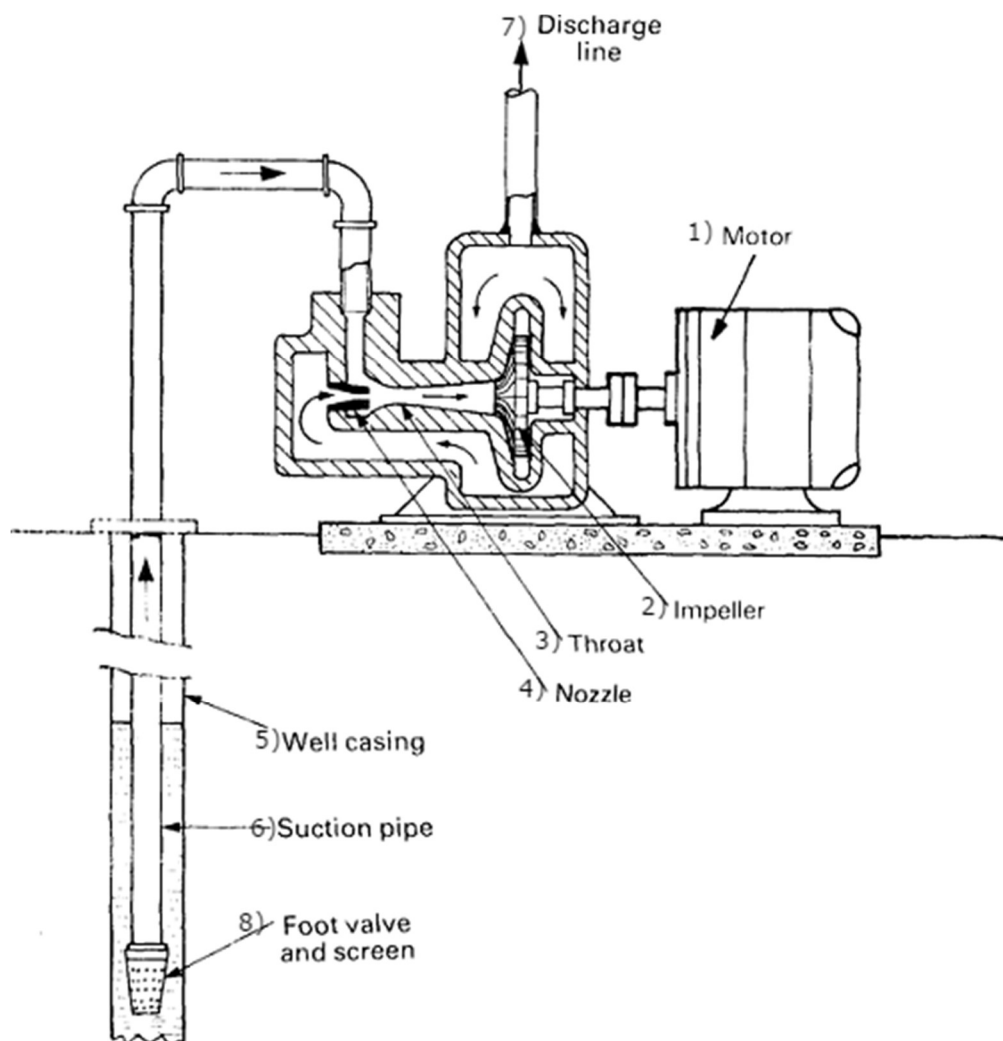


Obr. 5.1.5-4 Příklad uspořádání podtlakové stanice, zdroj: www.airvac.com

(1) výdech podtlakových čerpadel, 2) zdroj vakua v podtlakové nádobě, 3) dvojice podtlakových čerpadel, 4) hloubka založení odvislá od hloubky krytí hlavních podtlakových řadů, 5) výtlačná čerpadla, 6) pracovní hladiny, 7) podtlaková nádoba, 8) kontrolní panel, 9) umístěný záložní agregát a zápachový filtr, 10) podtlakové řady, 11) výtlačná na ČOV)

Ejektorová čerpadla

Ejektorová čerpadla nejsou poháněna mechanickým pohybem, ale tlakovou vodou či tlakovým vzduchem. Tento tlak je vytvořen s pomocí jiného, většinou mechanického čerpadla. Fungují na principu přisávání čerpaného média (splaškové vody + vzduch) k médiu hnacímu (splaškové vody či vzduch). Hnací médium je svedeno do zúženého místa (tryska), kde mění energii tlakovou na kinetickou. Za tryskou se pomocí vzniklého podtlaku mísí s čerpaným médiem a směs pokračuje dále do rozšíření, kde se mění kinetická energie zpět na tlakovou. Princip je zřejmý z Obr. 5.1.5-5. Čerpadlo může jet i bez zavodnění sacího potrubí – kapalina bude cirkulovat čerpadlem.

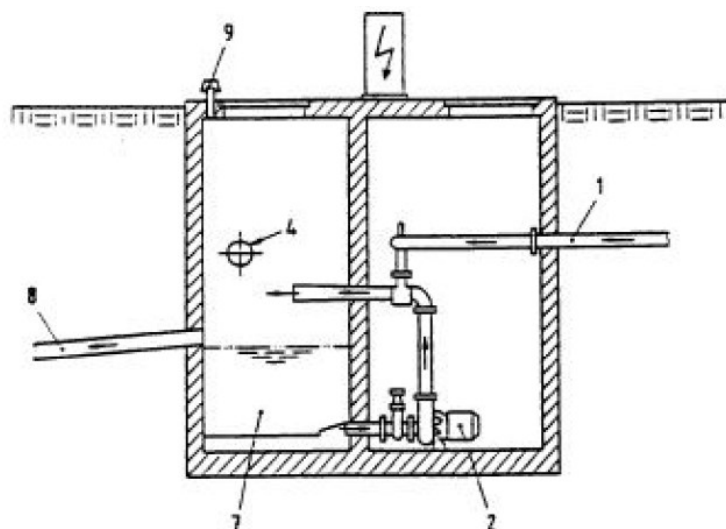


Obr. 5.1.5-5 Kombinace proudového a odstředivého čerpadla, zdroj: <http://automatizace.hw.cz>

(1) pohon odstředivého čerpadla, 2) rotor, 3) hrdlo, 4) tryska, 5) studna, 6) sací potrubí, 7) výtok, 8) sací ventil)

Čerpané vody při použití ejektorových čerpadel ústí do sací čerpací jímky, odkud jsou dále čerpány výtlakem, nebo odváděny gravitačně. Podtlak je udržován v systému v rozmezí 35–50 kPa.

Při využití ejektorových čerpadel musí být na systém osazeno dvě a více čerpadel o stejném výkonu.



Obr. 5.1.5-6 Příklad podtlakové stanice s ejektorovými čerpadly, zdroj: ČSN EN 1091

(1) podtlaková stoka, 2) ejektorové čerpadlo, 4) gravitační přítokové potrubí, 7) splaškové odpadní vody, 8) gravitační stoka, 9) ventilační hlavice)

5.2 ARMATURY NA PODTLAKOVÉ SÍTI

Ventil pro přisávání vzduchu

Zařízení monitoruje stav podtlaku v podtlakovém potrubí. Při poklesu podtlaku pod určitou přednastavenou mez se otevře a nasaje velké množství atmosférického vzduchu, který má za úkol pročistit zdvihy od nakumulované odpadní vody.

Uzávěry

Navrhují se podobně jako na vodovodní síti. Nejčastěji jsou používány šoupata a kulové uzavěry, šoupata však převládají. Dle ČSN EN 1091 se uzavěry osazují v maximální vzdálenosti 450 m a k uzavírání vedlejších úseků delších než 200 m.

Čistící vstupy

Využívaly se především v minulosti, dnes se jejich použití nedoporučuje u systému s velkou hustotou sběrných šachet, přístup do podtlakového potrubí je dnes umožněn přes domovní jímky. [23]

Kontrolní trouby

Kontrolní trouby je vhodné navrhovat maximálně po 100 m, případně za zdvihy či odbočkami. Slouží pro dočasné uzavírání větví, umožňují snadnější detekci netěsností a poruch, umožňují měření podtlaku, popřípadě přisávání vzduchu do stokového systému.

5.3 HYDRAULICKÝ NÁVRH PODTLAKOVÉ SÍTĚ

5.3.1 Návrh podle společnosti Airvac

Pro dimenzování podtlakových řadů využíváme maximální denní průtoky. Tyto průtoky jsou získány přenásobením průměrného denního průtoku koeficientem pro vrcholový průtok. Průměrné denní průtoky je nejspolehlivější stanovit ze spotřeby vody v dané lokalitě. V návrhových listech společnosti Airvac udávají průměrné množství odpadních vod 100 galonů (379 l) na osobu za den. U nás je spotřeba vody z ekonomických faktorů a díky horší životní úrovni nižší.

Minimální koeficient vrcholového průtoku by neměl být nikdy menší než 2,5. Koeficient vrcholového průtoku je spočítán ze vzorce:

$$k_{max} = \frac{18 + \sqrt{PO/1000}}{4 + \sqrt{PO/1000}} \quad (5.3.1-1)$$

kde k_{max} koeficient vrcholového průtoku [-]

PO počet připojených obyvatel [-]

Maximální průtok vypočítáme dle vzorce:

$$Q_{max} = k_{max} * \frac{Q_{24}}{86400} \quad (5.3.1-2)$$

kde Q_{max} maximální průtok [m^3/s]

k_{max} koeficient vrcholového průtoku [-]

Q_{24} průměrný denní průtok [m^3/d]

Princip návrhu podtlakové kanalizační sítě je velmi podobný návrhu vodovodní sítě, nenavrhuje se však jako okružová síť. Délka hlavního potrubí je ovlivněna ztrátami třením a především velikostí zdvihů.

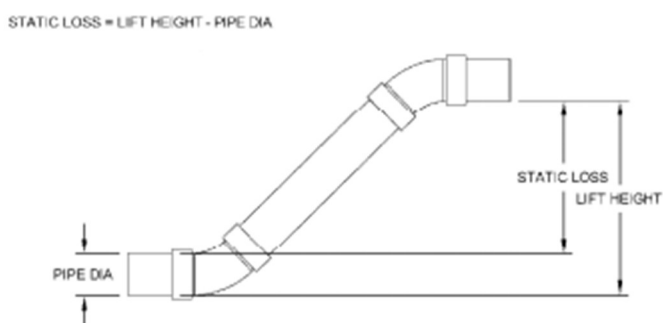
Rychlosti v potrubí by se měly pohybovat mezi 4,5 a 5,5 m/s.

Podtlakové sítě jsou navrhovány tak, aby nedošlo k překročení 4 m v. sl. hydrostatických ztrát a 1,5 m v. sl. ztrát třením. Podtlaková čerpadla pracují v rozmezí 5,5–7,0 m v. sl. Minimální podtlak 5,5 m v. sl. vytvářený na síti je výsledkem celkové ztráty tlaku 5,5 m v. sl. pro dopravení splaškových vod z nejvzdálenějšího úseku kanalizace (1,5 m v. sl. je potřeba na obsluhu podtlakového ventilu, 4 m v. sl. připadají na transport odpadní vody). Hydrostatické ztráty vznikají na zdvihách či na změnách profilu potrubí. Přednost by se měla dávat většímu počtu malých zdvihů před jedním velkým. Tabulka doporučených zdvihů:

Tab. 5.3.1-1 Tabulka doporučených zdvihů, zdroj: www.airvac.com (přeloženo a převedeno na jednotky SI)

Průměr potrubí	Výška zdvihu
[DN]	[m]
80	0,3
100	0,3
150	0,3
200	0,3
250	0,6

Hydrostatickou ztrátu u zdvihu vypočítáme jako rozdíl výšky zdvihu a průměru potrubí:



Obr. 5.3.1-1 Ztrátová výška na zdvihu, zdroj: www.airvac.com

Ztráty třením jsou počítány pouze u klesajících větví ve sklonu 0,20 % až 2,0 % a sčítají se po úsecích od nejvzdálenějšího ventilu k podtlakové stanici. Pro úseky s větším sklonem jak 2,0 % jsou ztráty třením zanedbávány. Není vhodné navrhovat delší úseky bez přípojek. V případě výskytu takovýchto úseků je nutné na řad osadit automatické přívzdušňovací ventily.

V perfektně rovném terénu bez větších překážek je možné lehce dosáhnout délky potrubí (od podtlakové stanice k nejvzdálenějšímu podtlakovému ventilu) 3 km. Se zvyšujícím se záporným převýšením tato vzdálenost klesá, s klesáním se vzdálenost zvyšuje. V praxi byla již použita vzdálenost potrubí 5 km.

Na základě testování a aplikování Hazen-Williamsovy rovnice společnost Airvac vyvinula tabulku doporučených a maximálních průtoků podle průměru potrubí:

Tab. 5.3.1-2 Tabulka průtoků v závislosti na průměru potrubí, zdroj: www.airvac.com (přeloženo a převedeno na jednotky SI)

Průměr potrubí	Doporučený maximální průtok	Absolutní maximální průtok
[DN]	[l/s]	[l/s]
100	2,5	3,5
150	6,6	9,5
200	13,2	19,2
250	23,7	34,4

Tabulka by měla sloužit jako výchozí podklad pro návrh. V pozdější fázi návrhu musí být návrhové hodnoty posouzeny výpočtem. Odhad počtu nemovitostí připojených na potrubí o určitém průměru můžeme vidět v Tab. 5.3.1-3:

Tab. 5.3.1-3 Odhad připojeného počtu nemovitostí dle DN potrubí, zdroj: www.airvac.com (přeloženo a převedeno na jednotky SI)

Průměr potrubí	Maximální počet připojených RD
[DN]	[-]
100	80
150	210
200	420
250	750

Potrubí z PVC o menších průměrech je možné horizontálně přihnout a obejít tak menší překážky. Poloměr oblouku by měl být co největší.

Airvac doporučuje všechny přípojky do hlavního řádu přivádět z vrchu přes 45 ° koleno s co největším poloměrem. Je nutné dodržet minimální hloubku krytí.

Pro výtlak odpadních vod z podtlakové nádoby navrhujeme dvojici čerpadel, každé schopné odčerpát 100 % návrhového průtoku dle vzorce:

$$Q_{\check{c}} = Q_{max} = Q_{24} * k_{max} \quad (5.3.1-3)$$

kde $Q_{\check{c}}$ průtok [m^3/s]

k_{max} koeficient vrcholového průtoku [-]

Q_{24} průměrný denní průtok [m^3/s]

Výpočet tlakové výšky:

$$H = H_s * H_{z,t} * H_v \quad (5.3.1-4)$$

kde H tlaková výška [m v. sl.]

H_s dopravní výška [m v. sl.]

$H_{z,t}$ výška ztrát třením [m v. sl.]

H_v podtlak v podtlakové nádobě [m v. sl.]

Při návrhu čerpadla je nutné posoudit pokles tlaku a vznik kavitace.

Podtlakové nádoby jsou navrhovány dle maximálního průtoku v podtlakové síti. Jejich objem má být takový, aby nedocházelo k častému spínání výtlačných čerpadel a aby byl zajištěn dostatečný havarijní objem. Výtlačná čerpadla by neměla pracovat častěji jak 4 × do hodiny při minimálních průtocích v síti a častěji jak 7 × do hodiny při průměrných průtocích.

$$V_0 = 15 * Q_{min} * (Q_{\check{c}} - Q_{min}) / Q_{\check{c}} \quad (5.3.1-5)$$

kde V_0 pracovní objem [m^3]
 Q_{min} minimální průtok [m^3/min]
 $Q_{\check{c}}$ čerpaný průtok [m^3/min]

Pro pracovní objem je stanoven bezpečnostní koeficient 3,0 -, tato rezerva slouží také jako havarijní objem. Další $2 m^3$ se připočítávají jako rezervní objem pro správný chod podtlakových čerpadel.

$$V = 3 * V_0 + 2 \quad (5.3.1-6)$$

kde V_0 pracovní objem [m^3]
 V celkový objem [m^3]

Podtlaková čerpadla by měla být schopna vytvořit vakuum 10 m v. sl. I když jsou čerpadla navržena na cyklické spínání, měla by být schopna nepřetržitého provozu.

Pro návrh podtlakových čerpadel byl vytvořen následující empirický vzorec:

$$Q_{vp} = \frac{A * Q_{max}}{1002 [l/m^3]} \quad (5.3.1-7)$$

kde Q_{vp} kapacita podtlakového čerpadla [m^3/s]
 Q_{max} maximální průtok [l/s]
 A koeficient dle Tab. 5.3.1-4 [-]

Koeficient A se mění s délkou hlavního řadu. Minimální kapacita podtlakového čerpadla se doporučuje $0,07 m^3/s$.

Tab. 5.3.1-4 Koeficient A dle délky nejdelšího hlavního řadu, zdroj: www.airvac.com (přeloženo a převedeno na jednotky SI)

Nejdelší úsek potrubí	Koeficient A
[m]	[-]
0–1500	6
1501–2100	7
2101–3000	8
3001–3600	9
> 3600	11

Po návrhu objemu čerpadla je nutné ověřit kapacitu pro návrhový objem. Tento výpočet ukáže čas, který zabere podtlakovým čerpadlům znovuobnovit tlak z 5,5 m v. sl. na 7 m v. sl.

Pro systémy s dvěma podtlakovými čerpadly musí každé z čerpadel dosáhnout 100 % návrhového průtoku, pro systémy s více podtlakovými čerpadly musí být dosaženo 100 % návrhového průtoku s jedním čerpadlem mimo provoz.

5.3.2 Návrh podle DWA – A 116 – 1 (ATV A 116)

Maximální hydrostatický rozdíl tlaku je posuzován za předpokladu, že všechna stoupání jsou naplněna vodou. Hydrostatický rozdíl tlaku posuzujeme dle Obr. 5.3.1-1 na straně 46. Součet maximálních hydrostatických rozdílů tlaků na celé větvi nesmí překročit hodnotu od 4 m v. sl. do 5 m v. sl. Při překročení umístíme automatické přívzdušňovací ventily.

Střední poměr voda/vzduch odhadujeme pomocí tabulky:

Tab. 5.3.2-1 Směrné hodnoty k odhadu středního poměru vzduch/voda hlavního řádu

Délka hlavní větve	Hustota obyvatelstva vztahovaná na délku			
	0,05 E/m	0,1 E/m	0,2 E/m	0,5 E/m
	Střední poměr vzduch/voda			
500 m	3,5–7	3–6	2,5–5	2–5
1000 m	4–8	3,5–7	3–6	2,5–5
1500 m	5–9	4–8	3,5–7	3–6
2000 m	6–10	5–9	4–8	3,5–7
3000 m	7–12	6–10	5–9	4–8
4000 m	8–15	7–12	6–10	5–9

*Jen ve zvláštních výjimečných případech

Pomocí Tab. 5.3.2-2 odhadneme dimenzi potrubí v závislosti na počtu připojených obyvatel proti proudu a v závislosti na středním poměru vzduch/voda. Tabulky se vztahují na jmenovitý odtok 0,005 l/s/E, na rovnoměrné rozdělení přípojek a na ploché území. Při větších odchylkách se doporučuje přizvat dodavatele systému.

Při posouzení posuzujeme tlakové profily ve stavu klidu, při špičkových průtocích a v blízkosti konce větvi.

Tab. 5.3.2-2 Směrné hodnoty k odhadu jmenovité světlosti

Střední poměr vzduch/voda	Jmenovitý průměr větve						
	DN65	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200	DN250
	Počet proti proudu připojených obyvatel						
2	0-110	0-350	250-600	350-900	500-1400	750-2100	1100-3000
4	0-65	0-200	135-340	200-500	300-800	400-1200	600-1650
6	0-45	0-140	95-240	140-350	200-550	300-820	400-1150
8	0-35	0-105	75-185	105-270	150-425	220-625	300-850
10	0-30	0-85	60-150	85-220	120-340	175-500	250-700
12	0-25	0-75	50-125	75-180	100-290	150-425	200-600

*Jen ve zvláštních výjimečných případech

Střední objemový poměr se směrem k podtlakové stanici snižuje. Střední poměr vzduch/voda na koncích úseků dostaneme ze vzorce:

$$LWV = \frac{\sum(O_i * LWV_i)}{\sum O_i} \quad (5.3.2-1)$$

kde LWV střední objemový poměr vzduch voda [-]

LWV_i střední objemový poměr vzduch voda na úseku i [-]

O_i počet ekvivalentů na úseku [-]

Přítok odpadních vod ze živnosti a průmyslu se připočítává k napojenému počtu ekvivalentů a odpovídá ekvivalentnímu přítoku obyvatel 150 l/den.

Průtok vzduchu obdržíme vynásobením jmenovitého odtoku se středním poměrem vzduch/voda. Návrhový průtok vývěv je přenásoben koeficientem bezpečnosti SF pohybujícím se mezi 1,2 až 1,5. Kalová čerpadla a vývěvy jsou navrhovány vždy s jedním náhradním kusem. Vzorce pro výpočet dopravovaného množství jsou tedy:

$$Q_{\check{c}} \geq \frac{Q_m}{n_s - 1} \quad (5.3.2-2)$$

kde $Q_{\check{c}}$ dopravované množství kalového čerpadla [l/s]

n_s počet čerpadel [-]

Q_m maximální průtok splaškových vod [l/s]

$$Q_v \geq \frac{Q_{v,min} \cdot SF}{n_v - 1} \quad (5.3.2-3)$$

kde Q_v dopravované množství jedné vývěvy [l/s]

n_v počet vývěv [-]

SF koeficient bezpečnosti [-]

Nasávané množství jedné vývěvy je tedy:

$$Q_{v,v} \geq \frac{Q_v \cdot p_u \cdot 2}{p_{max} + p_{min}} \quad (5.3.2-4)$$

kde $Q_{v,v}$ návrhový průtok jedné vývěvy [l/s]

Q_v dopravované množství jedné vývěvy [l/s]

p_u tlak okolního vzduchu [kPa]

p_{max} maximální absolutní tlak v podtlakové nádobě [kPa]

p_{min} minimální absolutní tlak v podtlakové nádobě [kPa]

Objem podtlakové nádoby je navržen dle četnosti spínání kalových čerpadel:

$$V_{ov} = 0,25 \cdot \frac{Q_{\check{c}}}{f} \quad (5.3.2-5)$$

kde V_{ov} objem podtlakové nádoby na splaškové vody [l]

$Q_{\check{c}}$ dopravované množství kalového čerpadla [l/hod]

f počet sepnutí za hodinu [f/hod]

Nejmenší objem vzduchu v podtlakové nádobě stanovíme dle vzorce:

$$V_V = 0,25 * Q_{V,V} * 0,5 * (p_{max} + p_{min} / [(p_{max} - p_{min}) * n_V + f]) \quad (5.3.2-6)$$

kde V_L nejmenší objem vzduchu [l]

$Q_{V,V}$ návrhový průtok jedné vývěvy [l/s]

p_{max} maximální absolutní tlak v podtlakové nádobě [kPa]

p_{min} minimální absolutní tlak v podtlakové nádobě [kPa]

f počet sepnutí za hodinu [f/hod]

n_V počet vývěv [-]

Čím větší bude zvolen počet vývěv, tím bude klesat objem nádoby. Vypočtený objem vzduchu V_V může být snížen o podíl objemu v přívodní větvi V_S . Uvažujeme pouze polovinu objemu potrubí v úseku vycházejícího z podtlakové stanice, když součet maximálních hydrostatických tlaků je menší než $p_{max} - p_{min}$.

Potřebný objem podtlakové nádoby je tedy:

$$V = V_V + V_{OV} - V_S \quad (5.3.2-7)$$

kde V celkový objem nádoby [l]

V_V nejmenší objem vzduchu [l]

V_{OV} objem podtlakové nádoby na splaškové vody [l]

V_S objem vzduchu v přívodní větvi [l]

Nejmenší objem podtlakové nádoby je:

$$V \geq 3 * V_{OV} \quad (5.3.2-8)$$

kde V celkový objem nádoby [l]

V_{OV} objem podtlakové nádoby na splaškové vody [l]

Příkon vývěvy a čerpadla odpadních vod může být odhadnut z následující všeobecné rovnice:

$$P_{\epsilon} = \frac{Q_{\epsilon} * \rho * g * H}{\eta_{\epsilon}} \quad (5.3.2-9)$$

kde P_{ϵ} příkon splaškového čerpadla [W]

Q_{ϵ} dopravované množství kalového čerpadla [m³/s]

ρ hustota dopravovaného média [kg/m³]

g gravitační zrychlení [m/s²]

H dopravní výška [m]

η_{ϵ} účinnost čerpadla [-]

$$P_{V,V} = \{\kappa/(\kappa - 1)\} * Q_V * 0,5 * (p_{max} + p_{min}) * \left[1 - \left(0,5 * \frac{p_{max} + p_{min}}{p_u} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right] / \eta_L \quad (5.3.2-10)$$

kde $P_{V,V}$ příkon vývěvy [W]

Q_V návrhový průtok jedné vývěvy [l/s]

κ adiabatický součinitel (pro vzduch $\kappa=1,4$) [-]

p_{max} maximální absolutní tlak v podtlakové nádobě [-]

p_{min} minimální absolutní tlak v podtlakové nádobě [-]

p_u tlak okolního vzduchu [-]

η_w účinnost vývěvy [-]

6 STUDIE ODKANALIZOVÁNÍ OBCE LUBNÁ, K. Ú. LUBNÁ U KROMĚŘÍŽE

6.1 PRŮVODNÍ ZPRÁVA

6.1.1 Identifikační údaje

Místo stavby:	obec Lubná, okres Kroměříž, Zlínský kraj
Katastrální území:	Lubná u Kroměříže
Obec s rozšířenou působností:	Kroměříž
Pověřený obecní úřad:	Kroměříž
Katastrální výměra:	684 ha
Počet trvale žijících obyvatel:	476
Počet rekreantů:	50
Nadmořská výška:	235–250 m n. m.
Předmět dokumentace:	Studie proveditelnosti

6.1.2 Seznam vstupních podkladů

- <http://www.cuzk.cz/>: Digitální katastrální mapa obce, Ortofoto mapa, Mapa ČR, údaje o k. ú.;
- <http://obeclubna.cz>: Webové stránky obce;
- plán rozvoje vodovodů a kanalizací PRVK Zlínského kraje;
- <http://www.geology.cz>: Geologická mapa ČR;
- AdMaS: Posouzení odkanalizování obcí v Kroměříži, textová část;
- MMR – Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury.

6.1.3 Údaje o území

Studie se zabývá proveditelností podtlakového a tlakového odkanalizování obce Lubná. Kanalizační síť je vedena v zastaveném území obce. Většina délky kanalizační sítě je vedena na ploše parcel ve vlastnictví obce, se snahou o umístění do zeleného pásu či zpevněných ploch určených pro chodce.

Podtlaková stanice je umístěna na okraj obce, p. č. 2947 k. ú. Lubná u Kroměříže. Pozemek je ve vlastnictví obce Lubná.

6.1.4 Popis území stavby

Obec Lubná se nachází v okrese Kroměříž, ve Zlínském kraji. Jižně od obce vede hranice Přírodního parku Chřiby, 15 km severně od obce se nachází město Kroměříž. Obcí protéká potok Trňák s dalšími pěti přítoky. Jižně od obce je na toku umístěna malá vodní nádrž, využívaná jako přírodní koupaliště. Pro obec je typická venkovská zástavba rodinnými domky.

Většina obce leží na sprašových hlínách v soustavě Českého masivu.

6.1.5 Stávající stav odkanalizování

V obci Lubná je vybudovaná jednotná kanalizace z betonových trub, která je v majetku VaK Kroměříž a.s. Kanalizace tvoří jednotný systém, není realizována v celé obci a je ve špatném technickém stavu. Odpadní vody jsou po individuálním předčištění vypouštěny do kanalizace. Nová zástavba má vybudovány bezodtokové jímky na vyvážení. Centrální čištění odpadních vod není v obci realizováno

6.1.6 Množství odpadních vod

Množství splaškových odpadních vod v obci, pro výpočet tlakové/podtlakové kanalizace a podtlakové stanice, bylo spočítáno dle metody příslušející k danému výpočtu. Technická vybavenost v obci byla přepočítána na ekvivalentní obyvatele dle:

Tab. 6.1.6-1 Počet ekvivalentních obyvatel od občanské technické vybavenosti

Nemovitost	EO
Obecní úřad	2
Mateřská škola	14
Prodejna potravin	5
Hostinec	15
Hostinec	15

Navrhované typy kanalizací slouží pouze pro odvádění splaškových vod. Pro odvádění dešťových vod bude sloužit stávající renovovaná betonová kanalizace.

6.1.7 PRVKUK

PRVKUK kraje Zlín počítá s vybudováním splaškové kanalizace, odpadní vody na ni budou z jednotlivých nemovitostí v maximálně možné míře připojeny. Stávající kanalizace bude opravena a doplněna o revizní šachty a uliční vpusti a zůstane ve funkci pro odvádění dešťových vod. Splaškové odpadní vody budou přivedeny na uvažovanou biologickou ČOV dimenzovanou pro cca 420 EO, umístěnou pod obcí u potoka Trňák, který bude recipientem vyčištěných odpadních vod.

6.2 TECHNICKÁ ZPRÁVA

6.2.1 Trasování stokové sítě

Trasa stokové sítě je zřejmá z přílohy C.2.1 CELKOVÁ SITUACE PODTLAKOVÉ STOKOVÉ SÍTĚ, ČÁST 1, C.2.2 CELKOVÁ SITUACE PODTLAKOVÉ STOKOVÉ SÍTĚ, ČÁST 2 a C.1 PŘEHLEDNÁ SITUACE+VÝPOČTOVÉ UZLY.

Směrové řešení a trubní materiály podtlakové a tlakové stokové sítě jsou shodné, z tohoto důvodu je přiložena pouze výkresová část pro návrh podtlakové sítě dle ATV A 116. V přílohách C.2.1 a C.2.2 jsou u popisu DN uvedeny hodnoty pro návrh podtlakové sítě dle ATV A 116. Trasa je vedena na pozemcích obce, v nezbytně nutných případech je vedena na pozemcích jiných a to v co nejkratší vzdálenosti. Situace pro návrh podtlakové sítě dle

návrhových listů Airvac a pro návrh tlakové sítě dle ATV – A – 163E jsou přiloženy v elektronické podobě na CD.

6.2.2 Návrh podtlakové kanalizace dle DWA – A 116 – 1 (ATV A 116)

Délka hlavní nejdelší větve A: 1 769 m

Celková délka větve A: 4 100 m

Hustota obyvatel vztažená na délku sítě: 0,3 E/m

Navržený podélný profil: zubový

Střední objemový poměr vzduch/voda na hlavní větvi: 6 -

Minimální podélný sklon potrubí: 2 ‰

Jmenovitý odtok splaškových vod q : 0,005 l/E/s

Tab. 6.2.2-1 Počet připojených obyvatel na úsek

Větev	Úsek	Délka úseku [m]	Počet připojených rodinných domů	Počet připojených obyvatel
A	15-14	304	12	36
A.12	14-33	22	0	0
A	14-13	32	0	0
A11	13-32	205	9	27
A	13-12	13	0	0
A10	12-31	103	6	18
A	12-11	223	10	30
A9	11-26	41	2	6
A9	26-27	203	11	33
A9.1	26-28	36	1	3
A.9.1.1	28-30	114	7	21
A.9.1	28-29	133	4	12
A	11-10	8	0	0
A.8	10-25	70	3	9
A	10-9	28	0	0
A.7	9-24	97	8	24
A	9-8	281	19	57
A.6	8-23	105	4	12
A	8-7	321	27	81
A.5	7-22	284	15	45
A	7-6	110	10	30
A.4	6-21	74	6	18
A	6-5	25	1	3
A.3	5-20	133	4	12
A	5-4	116	11	33
A.2	4-19	76	2	6
A	4-34	3,5	0	0
A.13	34-35	258	20	60
A	34-3	186,5	5	15
A.1	3-16	147	2	6
A.1.1	16-18	99	8	24
A.1	16-17	133	5	15
A	3-2	95	0	0
A	2-1	21	0	0

Tab. 6.2.2-2 Návrh dimenze potrubí dle DWA - A 116

větev	Úsek i	Počet obyvatel	PO na konci úseku	Objemový poměr vzduch/voda na přípojkách úseku i	Střední obj. poměr vzduch voda na konci úseku i	Návrh jmenovité světlosti na úseku i [mm]	Délka úseku [m]	Vzdálenost nejnižších bodů na rovině [m]	Počet 20 cm zdvihů	Maximální výška vodního sloupce na úseku i [m]	Max. suma výšek vodního sloupce na konci úseku [m]
A	15-14	36	36	12	12,0	80	304	100	0	0,00	0,00
A.12	14-33	0	0	12	12,0	65	22	100	0	0,00	0,00
A	14-13	0	36	12	12,0	80	32	100	0	0,00	0,00
A11	13-32	27	27	12	12,0	80	205	100	0	0,00	0,00
A	13-12	0	63	8	12,0	80	13	100	2	0,32	0,32
A10	12-31	18	18	10	10,0	65	103	100	0	0,00	0,00
A	12-11	30	111	8	10,6	100	223	100	2	0,30	0,62
A9	11-26	6	75	8	9,8	80	41	100	1	0,12	0,46
A9	26-27	33	33	10	10,0	80	203	100	0	0,00	0,00
A9.1	26-28	3	36	8	9,8	80	36	100	0	0,00	0,34
A.9.1.1	28-30	21	21	10	10,0	65	114	100	0	0,00	0,00
A.9.1	28-29	12	12	10	10,0	65	133	100	2	0,34	0,34
A	11-10	0	186	8	10,3	125	8	100	0	0,00	1,08
A.8	10-25	9	9	8	8,0	65	70	100	1	0,14	0,14
A	10-9	0	195	8	10,2	125	28	100	3	0,60	1,81
A.7	9-24	24	24	8	8,0	65	97	100	1	0,14	0,14
A	9-8	57	276	8	9,5	150	281	100	3	0,45	2,40
A.6	8-23	12	12	8	8,0	65	105	100	3	0,60	0,60
A	8-7	81	369	6	8,7	150	321	100	2	0,25	3,25
A.5	7-22	45	45	8	8,0	80	284	100	0	0,00	0,00
A	7-6	30	444	6	8,4	200	110	100	0	0,00	3,25
A.4	6-21	18	18	8	8,0	65	74	100	0	0,00	0,00
A	6-5	3	465	6	8,4	200	25	100	0	0,00	3,25
A.3	5-20	12	12	6	6,0	65	133	100	0	0,00	0,00
A	5-4	33	510	6	8,2	200	116	100	1	0,00	3,25
A.2	4-19	6	6	6	6,0	65	76	100	3	0,60	0,60
A	4-34	0	516	6	8,2	200	3,5	100	0	0,00	3,85
A.13	34-35	60	60	10	10	80	258	100	0	0,00	0,00
A	34-3	15	591	6	8,3	200	187	100	2	0,20	4,05
A.1	3-16	6	45	6	6,0	80	147	100	0	0,00	0,34
A.1.1	16-18	24	24	6	6,0	65	99	100	0	0,00	0,00
A.1	16-17	15	15	6	6,0	65	133	100	2	0,34	0,34
A	3-2	0	636	4	8,0	200	95	100	1	0,00	4,38
A	2-1	0	636	4	8,0	200	21	100	0	0,00	4,38

> 6

< 4 - 5

Návrh podtlakové stanice

Maximální průtok splaškových odpadních vod:

$$Q_m = q * EO = 0,005 * 636 = 3,18 \text{ l/s}$$

Maximální průtok vzduchu v podtlakové stanici:

$$Q_V = Q_m * LWV = 3,18 * 8 = 25,44 \text{ l/s} = 91,58 \text{ m}^3/\text{hod}$$

Střední objemový poměr celého systému:

$$PVV = Q_V / Q_m = 25,44 / 3,18 = 8 -$$

Potřebný průtok vzduchu vývěvou dle vzorců (5.3.2-3) a (5.3.2-4):

$$Q_{V,min} = Q_V * k_h * (p_a / p_{stř}) = 91,58 * 1,25 * (100 / 40) = 286,2 \text{ m}^3/\text{hod}$$

- Navrhnutý olejové vývěvy PA 0175 K, Vakuum – Bohemia v počtu 2+1:
- Sací průtok jedné vývěvy:

$$S = 175 \text{ m}^3/\text{hod}$$

- Podmínka:

$$S \geq \frac{Q_{V,min}}{n_v - 1} \rightarrow 175 > \frac{286,2}{3 - 1} \rightarrow 175 > 143,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pro čerpání odpadních vod z podtlakové stanice navrženo čerpadlo Grundfos SL1 v počtu 1+1:

- Dopravní výška H: 6 m
- Čerpaný průtok $Q_{\check{c}} = 4,31 \text{ l/s} = 15,52 \text{ m}^3/\text{hod}$
- Podmínka:

$$Q_{\check{c}} > Q_m \rightarrow 4,31 > 3,18 \text{ l/s}$$

Minimální objem v podtlakové nádobě pro odpadní vodu:

- Maximální počet sepnutí čerpadel: 12 hod^{-1}

$$V_{OV} = 0,25 * (Q_{\check{c}} / f) = 0,25 * (15,52 / 12) = 0,32 \text{ m}^3$$

Potřebný objem vzduchu v podtlakové nádobě dle vzorce (5.3.2-6)

$$V_V = 0,25 * S * 0,5 * \frac{p_{max} + p_{min}}{(p_{max} - p_{min}) * n_v * f} = 0,25 * 175 * 0,5 * \frac{45 + 35}{(45 - 35) * 3 * 12} = 4,86 \text{ m}^3$$

Minimální objem podtlakové nádoby dle vzorce (5.3.2-7):

$$V = V_{OV} + V_V - V_p = 0,32 + 4,86 - 0 = 5,18 \text{ m}^3$$

- Podmínka:

$$V \geq 3 * V_{OV} \rightarrow 5,18 > 3 * 0,32 \rightarrow 5,18 > 0,97 \text{ m}^3$$

- Navržena podtlaková nádoba o objemu 6 m^3

Přibližné stanovení výkonu vývěvy dle vzorce (5.3.2-10):

$$V \geq 3 * V_{OV} \rightarrow 5,18 > 3 * 0,32 \rightarrow 5,18 > 0,97 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 P_{V,V} &= \{\kappa/(\kappa - 1)\} * S * 0,5 * (p_{max} + p_{min}) * \frac{\left[1 - \left(0,5 * \frac{p_{max} + p_{min}}{p_a}\right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}\right]}{\eta_L} \\
 &= \left\{\frac{1,4}{1,4 - 1}\right\} * 175 * 0,5 * (45 + 35) * \left[1 - \left(0,5 * \frac{45 + 35}{100}\right)^{\frac{1,4-1}{1,4}}\right] / 0,5 \\
 &= 3,14 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Přibližné stanovení výkonu čerpadla dle vzorce (5.3.2-9):

$$P_{\check{c}} = \frac{Q_{\check{c}} * \rho * g * H}{\eta_{\check{c}}} = \frac{4,31 * 1000 * 9,81 * 6}{0,21} = 1,21 \text{ kW}$$

Celkové ztráty na síti jsou menší jak 4-5 m v. sl., návrh je tedy vyhovující. Pro vytváření podtlaku byly navrženy olejové vývěvy v počtu 2+1 z důvodu dodržení potřebného množství čerpaného objemu vzduchu, jedna vývěva slouží jako rezervní.

Pro čerpání odpadních vod z podtlakové nádoby byla navržena dvojice čerpadel se 100 % rezervou.

6.2.3 Návrh podtlakové kanalizace dle Airvac design manual

Dle Airvac design manual je minimální navrhovaný průměr hlavního řadu a vedlejších řadů DN100.

Specifický odtok odpadních vod: $q=379 \text{ l/E/den}$

Průměrný průtok odpadních vod:

$$Q_a = q * EO = 379 * 636 = 241\,011 \text{ l/den} = 241,01 \text{ m}^3/\text{den}$$

Koeficient maximálního hodinového průtoku:

$$k_{max} = \frac{18 + \sqrt{PO/1000}}{4 + \sqrt{PO/1000}} = \frac{18 + \sqrt{636/1000}}{4 + \sqrt{636/1000}} = 3,92 -$$

Maximální průtok v síti:

$$Q_{max} = k_{max} * \frac{Q_a}{86400} = 3,92 * \frac{241044}{86400} = 10,93 \text{ l/s}$$

Návrh dimenze potrubí vychází z Tab. 5.3.1-3 a Tab. 5.3.1-2:

Tab. 6.2.3-1 Návrh dimenze potrubí dle Tab. 5.3.1-2 a Tab. 5.3.1-3

Větev	Úsek i	Počet obyvatel	Počet obyvatel na konci úseku	Průtok v úseku i [l/s]	Počet připojených rodinných domů	Počet připojených RD celkem na konci úseku	Návrh jmenovité světlosti na úseku i [mm]
A	15-14	36	36	0,619	12	12	100
A.12	14-33	0	0	0,000	0	0	100
A	14-13	0	36	0,619	0	12	100
A11	13-32	27	27	0,464	9	9	100
A	13-12	0	63	1,083	0	21	100
A10	12-31	18	18	0,309	6	6	100
A	12-11	30	111	1,908	10	37	100
A9	11-26	6	75	1,289	2	25	100
A9	26-27	33	33	0,567	11	11	100
A9.1	26-28	3	36	0,619	1	12	100
A.9.1.1	28-30	21	21	0,361	7	7	100
A.9.1	28-29	12	12	0,206	4	4	100
A	11-10	0	186	3,197	0	62	100
A.8	10-25	9	9	0,155	3	3	100
A	10-9	0	195	3,352	0	65	100
A.7	9-24	24	24	0,412	8	8	100
A	9-8	57	276	4,744	19	92	150
A.6	8-23	12	12	0,206	4	4	100
A	8-7	81	369	6,342	27	123	150
A.5	7-22	45	45	0,773	15	15	100
A	7-6	30	444	7,631	10	148	150
A.4	6-21	18	18	0,309	6	6	100
A	6-5	3	465	7,992	1	155	150
A.3	5-20	12	12	0,206	4	4	100
A	5-4	33	510	8,766	11	170	150
A.2	4-19	6	6	0,103	2	2	100
A	4-34	0	516	8,869	0	172	150
A.13	34-35	60	60	1,031	20	20	100
A	34-3	15	591	10,158	5	197	150
A.1	3-16	6	45	0,773	2	15	100
A.1.1	16-18	24	24	0,412	8	8	100
A.1	16-17	15	15	0,258	5	5	100
A	3-2	0	636	10,931	0	212	150
A	2-1	0	636	10,931	0	212	150

Návrhový průtok jedné vývěvy:

- Koeficient A stanoven dle Tab. 5.3.1-4

$$Q_{v,p} = \frac{A * Q_{max}}{1002 [l/m^3]} = \frac{7 * 10,93}{1002 [l/m^3]} = 0,076 m^3/s = 76,37 l/s$$

- Navrženy olejové vývěvy PA 0100 A, Vakuum – Bohemia v počtu 1+1:
- Sací průtok jedné vývěvy S= 100 m³/hod

Návrhový průtok jednoho výtlačného čerpadla:

$$Q_{\check{c}} = Q_{max} = 10,93 l/s$$

- Navrženo čerpadlo Grundfos SL1.80.100.15.4.50D.C
- Dopravní výška 6 m
- Skutečný čerpaný průtok 11,4 l/s

Výpočet minimálního objemu podtlakové nádoby dle vzorce (5.3.1-5)

$$V_0 = 15 * Q_{min} * ((Q_{\check{c}} - Q_{min})/Q_{\check{c}}) = 15 * 0,084 * ((0,656 - 0,084)/0,656) = 1,1 m^3$$

Výpočet minimálního průtoku:

$$Q_{min} = \frac{Q_a}{2} = \frac{241,04}{2} = 120,52 m^3/den$$

Navržený objem podtlakové nádoby dle vzorce (5.3.1-6):

$$V = 3 * V_0 + 2 = 3 * 1,1 + 2 = 5,29 m^3$$

- Navržena podtlaková nádoba o objemu 6 m³

Pro vytváření podtlaku byly navrženy olejové vývěvy v počtu 1+1 se 100% rezervou.

Pro čerpání odpadních vod z podtlakové nádoby byla navržena dvojice čerpadel se 100 % rezervou.

6.2.4 Výpočet tlakové kanalizace podle ATV – A 163E

Jmenovitý odtok splaškových vod $q = 0,005 l/E/s$

Koeficient maximálního hodinového průtoku $k = 1,5$ –

Návrhová minimální rychlost v potrubí $v_{min} = 0,7 m/s$

Absolutní drsnost potrubí $k_{abs} = 0,25 mm$

Kinematická viskozita $\gamma = 1,016 * 10^{-6}$

Navrhována čerpadla s mělnicím systémem, minimální světlost potrubí DN50.

Pro výpočet ztrát třením použita rovnice Darcy-Weisbach (4.2.2-7)

Pro výpočet λ použita rovnice White-Colebrook (4.2.2-13)

Reynoldsovo číslo dle vzorce (4.2.2-10)

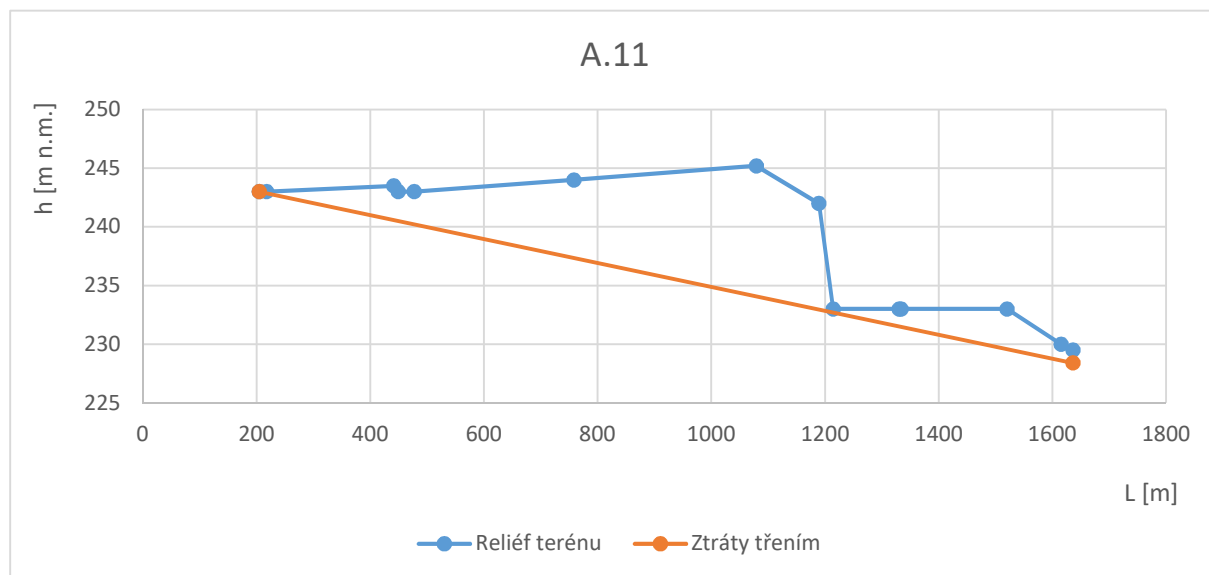
Tab. 6.2.4-1 Návrh dimenze potrubí

Úsek i	Délka úseku [m]	Počet obyvatel	Počet obyvatel na začátku úseku	Počet obyvatel na konci úseku	Průměrný počet obyvatel na úseku	Maximální hodinový průtok ($k=1,5$ -) [l/s]	Světlost potrubí	Návrhový průtok	Sklon čáry energie [-]	Ztrátová výška třením na úseku [m]	Suma ztrátové výšky třením od začátku úseku po výustí [m]	Nejvyšší výškový rozdíl od začátku úseku po výustí [m]	Součet ztrát od začátku úseku po výustí [m]
15-14	304	36	36	36	36	0,27	50	1,37	0,01	4,02	16,32	-13,80	16,32
14-33	22	0	0	0	0	0,00	50	1,37	0,01	0,29	12,60	0,20	12,80
14-13	32	0	36	36	36	0,27	50	1,37	0,01	0,42	12,31	0,20	12,51
13-32	205	27	27	27	27	0,20	50	1,37	0,01	2,71	14,59	2,20	16,79
13-12	13	0	63	63	63	0,47	50	1,37	0,01	0,17	11,88	2,20	14,08
12-31	103	18	18	18	18	0,14	50	1,37	0,01	1,36	13,07	1,70	14,77
12-11	223	30	81	111	96	0,72	80	3,52	0,01	1,84	11,71	1,70	13,41
11-26	41	6	69	75	72	0,54	50	1,37	0,01	0,54	10,41	2,20	12,61
26-27	203	33	33	33	33	0,25	50	1,37	0,01	2,68	13,09	2,20	15,29
26-28	36	3	33	36	34,5	0,26	50	1,37	0,01	0,48	10,89	2,20	13,09
28-30	114	21	21	21	21	0,16	50	1,37	0,01	1,51	12,39	1,70	14,09
28-29	133	12	12	12	12	0,09	50	1,37	0,01	1,76	12,64	1,70	14,34
11-10	8	0	186	186	186	1,40	80	3,52	0,01	0,07	9,87	2,20	12,07
10-25	70	9	9	9	9	0,07	50	1,37	0,01	0,92	10,73	2,20	12,93
10-9	28	0	195	195	195	1,46	80	3,52	0,01	0,23	9,80	2,20	12,00
9-24	97	24	24	24	24	0,18	50	1,37	0,01	1,28	10,85	1,20	12,05
9-8	281	57	219	276	247,5	1,86	80	3,52	0,01	2,32	9,57	1,20	10,77
8-23	105	12	12	12	12	0,09	50	1,37	0,01	1,39	8,64	3,20	11,84
8-7	321	81	288	369	328,5	2,46	80	3,52	0,01	2,65	7,25	-3,20	7,25
7-22	284	45	45	45	45	0,34	50	1,37	0,01	3,75	8,35	0,00	8,35
7-6	110	30	414	444	429	3,22	80	3,52	0,01	0,91	4,60	-9,00	4,60
6-21	74	18	18	18	18	0,14	50	1,37	0,01	0,98	4,67	0,00	4,67
6-5	25	3	462	465	463,5	3,48	80	3,52	0,01	0,21	3,69	0,00	3,69
5-20	133	12	12	12	12	0,09	50	1,37	0,01	1,76	5,24	0,00	5,24
5-4	116	33	477	510	493,5	3,70	80	3,52	0,01	0,96	3,49	0,00	3,49
4-19	76	6	6	6	6	0,05	50	1,37	0,01	1,00	3,53	0,00	3,53
4-34	3,5	0	516	516	516	3,87	80	3,52	0,01	0,03	2,53	0,00	2,53
34-35	258	60	60	60	60	0,45	50	1,37	0,01	3,41	5,91	0,00	5,91
34-3	186,5	15	576	591	583,5	4,38	80	3,52	0,01	1,54	2,50	-3,00	2,50
3-16	147	6	39	45	42	0,32	50	1,37	0,01	1,94	2,90	0,00	2,90
16-18	99	24	24	24	24	0,18	50	1,37	0,01	1,31	4,21	0,00	4,21
16-17	133	15	15	15	15	0,11	50	1,37	0,01	1,76	4,66	-0,50	4,66
3-2	95	0	636	636	636	4,77	80	3,52	0,01	0,78	0,96	-0,50	0,96
2-1	21	0	636	636	636	4,77	80	3,52	0,01	0,17	0,17	0,00	0,17

V místech, kde skutečný maximální hodinový průtok nepřesahuje průtok návrhový, budou umístěny kompresory pro čištění řadu tlakovým vzduchem.

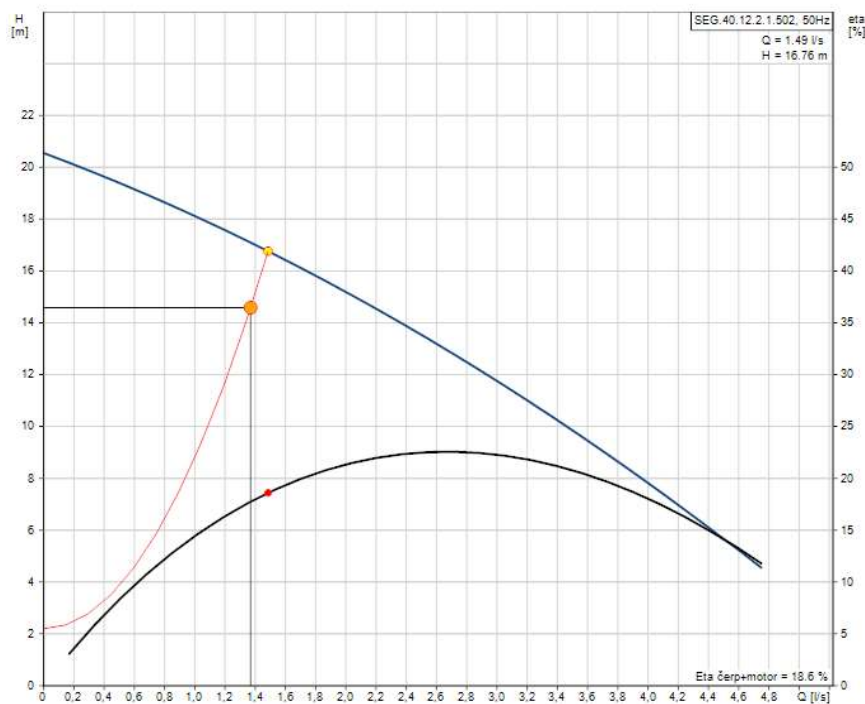
Nejvyšší ztrátová výška (výška ztrát třením + geodetická ztrátová výška) je na úseku 13-32, řad A11. Reliéf terénu a sklon čáry energie od začátku úseku po výustí je zřejmý z grafu:

Tab. 6.2.4-2 Reliéf terénu a sklon čáry energie řadu A11



Celková ztrátová výška je 16,79 m v. sl. Z této ztrátové výšky vychází návrh čerpací techniky umístěné v domovních čerpacích jímkách: Čerpadlo Grundfos SEG.40.12.2.1.50, charakteristika čerpadla pro řad A11:

Tab. 6.2.4-3 Charakteristika čerpací techniky, zdroj: www.grundfos.com



Návrhový průtok čerpadla byl stanoven z minimálního možného průměru tlakové přípojky (DN50) a dodržení čistící rychlosti $v_{\min}=0,7$ m/s.

6.3 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ VÝŠE UVEDENÝCH VARIANT TLAKOVÉHO A PODTLAKOVÉHO STOKOVÉHO SYSTÉMU

Na náklady pro stavbu tlakové a podtlakové kanalizační sítě byly použity údaje z příručky Ministerstva pro místní rozvoj – Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury z roku 2015. Náklady na podtlakovou stanici, sběrné šachty a domovní čerpací jímky byly převzaty od výrobců těchto systémů a zprůměrovány. Ceny jsou uváděny včetně vystrojení, bez DPH.

Pro návrh počtu sběrných jímek a domovních čerpacích jímek je předpokládána jedna jednotka pro každé číslo popisné. Při sjednocení více nemovitostí zaústějících odpadní vody do jedné jímky je možné dosáhnout dalších finančních úspor.

Náklady na výstavbu gravitační stokové sítě byly převzaty z posouzení variant odkanalizování obce Lubná, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební – centrum AdMas. Cena je uvedena bez DPH.

Tab. 6.2.4-1 Celkové náklady na vybudování stokového systému

		Podtlaková síť dle ATV A 116			Podtlaková síť dle Airvac DM		
		Počet jednotek	Jednotková cena	Cena	Počet jednotek	Jednotková cena	Cena
		[-]	[Kč]	[mil. Kč]	[-]	[Kč]	[mil. Kč]
Podtlaková síť	Sběrné šachty včetně vystrojení	221	40000	8,84	221	40000	8,84
	Podtlaková stanice včetně vystrojení	1	4000000	4,00	1	4000000	4,00
	Náklady na kanalizační síť	1	-	15,92	1	-	15,77
	Cena celkem [mil. Kč]	28,76			28,61		
Tlaková síť	DČJ včetně vystrojení	221	35000	7,74	Gravitační síť	Cena celkem	
	Kanalizační síť	1	-	13,84		[mil. Kč]	
	Cena celkem [mil. Kč]	21,58				33,00	

Tab. 6.2.4-2 Náklady na vybudování stokové sítě

			Tlaková síť			Podtlaková síť dle ATV A 116			Podtlaková síť dle Airvac DM			Gravitační síť
Materiál	Jmenovitá světlost	Povrch	Délka	Cena za metr	Cena celkem	Délka	Cena za metr	Cena celkem	Délka	Cena za metr	Cena celkem	Cena celkem
[-]	[mm]	[-]	[m]	[Kč/bm]	[Kč]	[m]	[Kč/bm]	[Kč]	[m]	[Kč/bm]	[Kč]	[mil. Kč]
HDPE, SDR17, PN10	50	Zpevněný	1345	4900	6590500	0	-	0	0	-	0	-
		Nezpevněný	1337	2180	2914660	0	-	0	0	-	0	-
HDPE, SDR17, PN10	65	Zpevněný	0	-	0	547	5100	2789700	0	-	0	-
		Nezpevněný	0	-	0	612	2380	1456560	0	-	0	-
HDPE, SDR17, PN10	80	Zpevněný	297	5240	1556280	798	5240	4181520	0	-	0	-
		Nezpevněný	1121	2480	2780080	725	2480	1798000	0	-	0	-
HDPE, SDR17, PN10	100	Zpevněný	0	-	0	123	5370	660510	1504	5370	8076480	-
		Nezpevněný	0	-	0	100	2620	262000	1437	2620	3764940	-
HDPE, SDR17, PN10	125	Zpevněný	0	-	0	36	5570	200520	0	-	0	-
		Nezpevněný	0	-	0	0	2820	0	0	-	0	-
HDPE, SDR17, PN10	150	Zpevněný	0	-	0	72	5830	419760	138	5830	804540	-
		Nezpevněný	0	-	0	530	3060	1621800	1021	3060	3124260	-
HDPE, SDR17, PN10	200	Zpevněný	0	-	0	66	6580	434280	0	-	0	-
		Nezpevněný	0	-	0	491	4260	2091660	0	-	0	-
Cena celkem [mil. Kč]			13,84			15,92			15,77			33,00

Tab. 6.2.4-3 Náklady na elektrickou energii pro provoz stokové sítě

*Cena elektrické energie za 1 kWh se liší dle jednotlivých krajů a dodavatelů. Pro výpočet je uvažována průměrná cena společnosti ČEZ v roce 2016 a to pro takzvaný vysoký tarif. (nízký tarif je také známý jako noční proud)

		Příkon	Doba chodu jednotky	Spotřeba el. energie jedné jednotky	Počet jednotek	Celková spotřeba el. energie	Průměrná cena za 1 kWh (2016)*	Cena
		[kW]	[s/den]	[kWh]	[-]	[kWh]	[Kč/kWh]	[Kč/den]
Vývěvy	PA 0175 K, Vakuum – Bohemia	3,140	14400,000	18,840	2	25,12	4,23	106,26
Tlaková čerpadla	Grundfos SEG.40.12.2.1.50	1,600	281,879	0,125	221	27,69		117,12

7 ZÁVĚR

Při výběru vhodného systému odvádění odpadních vod je rozhodujícím kritériem reliéf terénu, geologické a hydrogeologické podmínky, rozložení zástavby a prostorová náročnost pro uložení sítí. Alternativní způsoby odkanalizování nabízejí možné řešení v případě, že by výstavba tradičního gravitačního systému odkanalizování byla ekonomicky velmi nevýhodná či technicky těžce proveditelná. Mělké uložení potrubí do nezámrazné hloubky, menší jmenovité světlosti a možnost kopírování povrchu terénu umožňuje snížit investiční náklady na výstavbu kanalizační sítě. Podtlakové systémy jsou vhodné především pro rovinná území s převýšením do 6 m z důvodu maximálního běžně vytvářeného podtlaku. Nespornou výhodou je také nemožnost úniku odpadních vod ze systému do okolí a oproti tlakové kanalizaci lepší jakost vod přiváděných na čistírnu odpadních vod. Tlaková kanalizace je použitelná téměř pro jakékoli terénní podmínky a při návrhu dosahujeme nejmenších světlostí potrubí. Jako vhodné řešení se nabízí také kombinace tlakové stokové sítě pro odkanalizování problémových lokalit s vyústěním do kanalizace gravitační. Při využití tlakového systému je však třeba myslet na zhoršenou jakost odpadních vod a díky možnému výskytu anaerobních podmínek ke vzniku zápachu a vzniku koroze. Náklady na provoz z hlediska spotřeby elektrické energie jsou pro oba systémy srovnatelné. V obci Lubná by bylo také možné řešení odkanalizování gravitační stokou v kombinaci s přečerpávacími stanicemi, tato varianta však v práci není posouzena.

Při rozhodování o využití alternativních způsobů odkanalizování je nutné ekonomicky zhodnotit možné varianty včetně finanční náročnosti na provoz systému a vyšší finanční náklady na obnovu a údržbu strojního zařízení, jehož životnost je oproti elementům umístěným na tradiční gravitační síti výrazně nižší.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*. In: Praha, 2010, ročník 2010, 273/2010.
- [2] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Příručka stokování a čištění*. Brno: NOEL 2000, c2001. ISBN 80-860-2030-4.
- [3] KREJČÍ, Vladimír. *Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup*. Brno: NOEL 2000, 2003. ISBN 80-860-2039-8.
- [4] MALÝ, Josef a Jitka MALÁ. *Chemie a technologie vody*. 2., dopl. vyd. Brno: ARDEC, c2006. ISBN 80-860-2050-9.
- [5] MIFEK, Radim. Vliv kanalizační sítě na kvantitu a kvalitu dopravené odpadní vody na ČOV. In: [Http://voda.tzb-info.cz/](http://voda.tzb-info.cz/) [online]. 2011 [cit. 2017-02-01]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/kanalizace-splaskova/7813-vliv-kanalizacni-site-na-quantitu-a-kvalitu-dopravene-odpadni-vody-na-cov>
- [6] RACLAVSKÝ, Jaroslav. *Problematika navrhování venkovních podtlakových systémů stokových sítí: Problems of design of vacuum sewerage systems outside buildings: teze habilitační práce*. 2011. Brno: VUTIUM, 2011. ISBN 978-80-214-4270-2.
- [7] ČSN EN 1091 (75 6112) *Venkovní podtlakové systémy stokových sítí*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [8] BERÁNEK, Josef a Petr PRAX. *Navrhování tlakové kanalizace*. Brno: NOEL 2000, c1998. ISBN 80-860-2008-8.
- [9] ŽÁČEK, Jan. *Využití maloprofilové kanalizace pro odvádění odpadních vod z obcí do 500 EO*. Brno, 2015. Vedoucí práce Prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA.
- [10] Settled sewerage. In: *Settled sewerage* [online]. [cit. 2017-02-03]. Dostupné z: <http://www.efm.leeds.ac.uk/CIVE/Sewerage/articles/settled.html>
- [11] *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, meteorologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [12] ÁGLOVÁ, Veronika a Martin ŠNAJDR. *Zneškodňování odpadních vod v obcích do 2 000 ekvivalentních obyvatel*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2009.
- [13] DOPORUČENÍ PRO VÝBĚR KALOVÝCH ČERPADEL S MĚLNÍCÍM ZAŘÍZENÍM. [Http://www.e-cerpadla.cz](http://www.e-cerpadla.cz) [online]. [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: http://www.e-cerpadla.cz/cerpadla-ponorna-kalova-kalova-cerpadla-melnici-zarizeni-c-368_197.html
- [14] *Principy průmyslových čerpadel – 4. díl - odstředivá čerpadla* [online]. 2011 [cit. 2017-02-13]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/principy-prumyslovych-cerpadel-4dil-odstrediva-cerpadla>
- [15] *Principy průmyslových čerpadel – 8. díl - vřetenová čerpadla* [online]. 2011 [cit. 2017-02-13]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/principy-prumyslovych-cerpadel-8dil-vretenova-cerpadla>

- [16] *Venkovní tlakové systémy stokových sítí*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [17] RACLAVSKÝ, Jaroslav. Venkovní podtlakové systémy stokových sítí - 1. část. *Sovak*. 2009, 2009(11), 14–19. ISSN 1210-3039.
- [18] Principy průmyslových čerpadel – 9. díl - proudová čerpadla. [Http://automatizace.hw.cz](http://automatizace.hw.cz) [online]. 2011 [cit. 2017-03-12]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/principy-prumyslovych-cerpadel-9dil-proudova-cerpada>
- [19] *Shoalhaven pressure sewer systems* [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SCHOALHAVEN%20WATER%20ny%20Pressure%20Sewer%20System_0.pdf
- [20] *DESIGN AND SPECIFICATION GUIDELINES FOR LOW PRESSURE SEWER SYSTEMS* [online]. Miami, Florida, 1981 [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: http://www.dep.state.fl.us/water/wastewater/dom/docs/guide_lowpres.pdf
- [21] Wastewater technology fact sheet. [Https://www.epa.gov](https://www.epa.gov) [online]. New York, 2002 [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/presewer.pdf>
- [22] *Manual - Alternativewastewater collection systems* [online]. In: . Ohio, 1991 [cit. 2017-04-08]. Dostupné z: <https://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/300046DW.pdf>
- [23] *Vacuum sewers 101* [online]. Virginia, 2007 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: <http://www.airvac.com/pdf/Vacuum%20Sewers%20101.pdf>
- [24] *Vacuum Sewers - Design and Installation Guidelines* [online]. Virginia, 2007 [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: http://www.airvac.com/pdf/Vacuum_Sewers_Design_Installation.pdf

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.2-1 Produkce látek ve splaškových odpadních vodách, zdroj: [4].....	15
Tab. 3.2-2 Vyhodnocení kvality odpadní vody na výstupech z gravitační splaškové, tlakové a podtlakové kanalizace (průměrné koncentrace za monitorované období), zdroj: [5].....	16
Tab. 4.2.1-1 Porovnání metod pro stanovení průtoků, zdroj: [22].....	27
Tab. 5.3.1-1 Tabulka doporučených zdvihů, zdroj: www.airvac.com (přeloženo a převedeno na jednotky SI).....	46
Tab. 5.3.1-2 Tabulka průtoků v závislosti na průměru potrubí, zdroj: www.airvac.com (přeloženo a převedeno na jednotky SI).....	46
Tab. 5.3.1-3 Odhad připojeného počtu nemovitostí dle DN potrubí, zdroj: www.airvac.com (přeloženo a převedeno na jednotky SI).....	47
Tab. 5.3.1-4 Koeficient A dle délky nejdelšího hlavního řadu, zdroj: www.airvac.com (přeloženo a převedeno na jednotky SI).....	48
Tab. 5.3.2-1 Směrné hodnoty k odhadu středního poměru vzduch/voda hlavního řadu.....	49
Tab. 5.3.2-2 Směrné hodnoty k odhadu jmenovité světlosti.....	49
Tab. 6.1.6-1 Počet ekvivalentních obyvatel od občanské technické vybavenosti.....	54
Tab. 6.2.2-1 Počet připojených obyvatel na úsek	56
Tab. 6.2.2-2 Návrh dimenze potrubí dle DWA - A 116.....	57
Tab. 6.2.3-1 Návrh dimenze potrubí dle Tab. 5.3.1-2 a Tab. 5.3.1-3	60
Tab. 6.2.4-1 Návrh dimenze potrubí	62
Tab. 6.2.4-2 Reliéf terénu a sklon čáry energie řadu A11	63
Tab. 6.2.4-3 Charakteristika čerpací techniky, zdroj: www.grundfos.com	63
Tab. 6.2.4-1 Celkové náklady na vybudování stokového systému	64
Tab. 6.2.4-2 Náklady na vybudování stokové sítě	65
Tab. 6.2.4-3 Náklady na elektrickou energii pro provoz stokové sítě	66

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.2.1-1 Schéma podtlakové kanalizace, zdroj: http://www.swmm5.net	11
Obr. 2.2.2-1 Schéma připojení na tlakovou kanalizaci, zdroj: https://www.sydneywater.com.au	12
Obr. 2.2.3-1 Schéma maloprofilové kanalizace, zdroj: http://hgfl0.vsb.cz	13
Obr. 4.1.2-1 Schéma domovní čerpací jímky, zdroj: http://www.sswm.info	18
Obr. 4.1.2-2 Příklad jímky systému mechanického předčištění, zdroj: [22].....	20
Obr. 4.1.7-1 Příklad umístění armatur na síti, zdroj: [22].....	24
Obr. 5.1.2-1 Sběrná šachta s oddělenou armaturní komorou, zdroj: ČSN EN 1091.....	33
Obr. 5.1.2-2 Sběrná šachta se sacím ventilem zavzdušňovaným potrubím, zdroj: ČSN EN 1091	33
Obr. 5.1.2-3 Sklolaminátová sběrná šachta, zdroj: www.airvac.com	34
Obr. 5.1.3-1 Sběrná šachta se sacím ventilem, zdroj: Podhrázký.....	35
Obr. 5.1.4-1 Schéma podtlakové kanalizační sítě, zdroj: www.airvac.com	36
Obr. 5.1.4-2 Kapsový profil, zdroj: www.airvac.com	37
Obr. 5.1.4-3 Zubový profil, zdroj: www.airvac.com	37
Obr. 5.1.5-1 Dvojice výtláčných čerpadel v podtlakové stanici, zdroj: Podhrázký	39
Obr. 5.1.5-2 Dvojice olejových rotačních vývěv, zdroj: Podhrázký	41
Obr. 5.1.5-3 Příklad podtlakové stanice s vodorovnou podzemní podtlakovou nádobou, zdroj: ČSN EN 1091	41
Obr. 5.1.5-4 Příklad uspořádání podtlakové stanice, zdroj: www.airvac.com	42
Obr. 5.1.5-5 Kombinace proudového a odstředivého čerpadla, zdroj: http://automatizace.hw.cz	43
Obr. 5.1.5-6 Příklad podtlakové stanice s ejektorovými čerpadly, zdroj: ČSN EN 1091	44
Obr. 5.3.1-1 Ztrátová výška na zdvihu, zdroj: www.airvac.com	46

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČOV	čistírna odpadních vod
OV	odpadní vody
SMP	system mechanického předčištění
MS	mělnicí systém
DN	jmenovitá světlost
%	procenta
‰	promile
V	objem
T	jednotka času v soustavě SI
t	jednotka času v soustavě SI
Q	průtok
Q ₂₄	průměrný denní průtok
Q _H	maximální hodinový průtok
Q _A	průměrný průtok
Q _P	maximální průtok
q	specifický odtok vod
C	manningův součinitel drsnosti
R	hydraulický poloměr
i	sklon čáry energie, označení úseku
P	výkon
d	průměr
λ	součinitel tření
L	délka
g	gravitační zrychlení
h _{z,t}	výška ztrát třením
Re	Reynoldsovo číslo
S	průtočný profil
LWV	střední objemový poměr vzduch/voda
p	tlak
η	účinnost
κ	adiabatický součinitel

m	jednotky délky a její násobky v soustavě SI
m ²	jednotky plochy a její násobky v soustavě SI
m ³	jednotky objemu a jeho násobky v soustavě SI
l	jednotky objemu a jeho násobky v soustavě SI
m ³ /s	jednotky průtoku a jeho odvozeniny v soustavě SI
l/s	jednotky průtoku a jeho odvozeniny v soustavě SI
m/s	jednotky rychlosti v soustavě SI
m ² /s	jednotky zrychlení v soustavě SI
W	jednotky výkonu a její odvozeniny v soustavě SI
Pa	jednotky tlaku a její odvozeniny v soustavě SI
°	úhlový stupeň v soustavě SI
gpm	jednotka průtoku v angloamerické soustavě (galon za minutu; (1 gal = 3,875 l)
gpd	jednotka průtoku v angloamerické soustavě (galon za den; 1 gal = 3,875 l)
PO	počet obyvatel
EO	počet ekvivalentních obyvatel
m n. m.	metr nad mořem
m v. sl.	jednotka tlaku (metr vodního sloupce)
l/s/ob	jednotky objemu za čas na jednoho obyvatele a její odvozeniny v soustavě SI

SEZNAM PŘÍLOH

- C.1 Přehledná situace podtlakové sítě + výpočtové uzly (M1:5000)
- C.2.1 Celková situace podtl. stokové sítě dle ATV, část 1 (M1:2000)
- C.2.2 Celková situace podtl. stokové sítě dle ATV, část 2 (M1:2000)

SUMMARY

The decisive criterions in choosing of appropriate system for sewage transport are relief of terrain, geological and hydrogeological conditions, composition of housing development and space demands for underground mains. Alternative ways of sewage transportation offers possible solution in case, that building of traditional gravity system would be economically disadvantageous or technically difficult to construct. Placing of conduct of less diameter only into not freezing depth and possibility of following terrain reduce the cost of sewer collection system. Vacuum systems are suitable mainly for flat terrains with elevation difference not higher than 6 meters, because of maximum vacuum that is economically favourable to create. Other advantage is impossibility of leaks from sewage system to surroundings and better quality of wastewater on treatment plant. Pressure sewer systems are suitable almost for every terrain conditions, we reach smallest diameters of pipes in designing. Pressure sewer systems offer great solution in combination with traditional gravity systems, where pressure sewer could be flowed into gravity sewer. On the other hand we must think about poor quality of wastewater due to anaerobic conditions, which leads to corrosion and odour problems.

When deciding of using alternative way of sewage transport we must consider economical aspects, including higher cost of system operation and higher cost for renewal and maintenance of mechanical parts which lifetime is much more shorter in compare with elements placed on gravity systems.